电/动/机/修/理/技/术/丛/书

单相电动机修理

DANXIANG DIANDONGJI XIULI

潘品英 ◎ 等编著



电动机修理技术丛书

单相电动机修理

潘品英　等编著



机 械 工 业 出 版 社

本书专述单相电动机修理，并在书中首次介绍单相变极调速电动机绕组的构成原理和布接线示例。全书共八章，内容主要包括单相电动机通用型系列产品、换向器式单相串励电动机和电动工具专用电动机，以及各种家电专用电动机的修理、重绕工艺。

此外，书中绕组布接线图采用潘氏画法介绍相关典型的实用绕组，并对其结构特征及布接线特点也做了简要说明。书后附录还提供各种单相通用和专用电动机的技术数据，供重绕修理参考。

本书可供电动机修理人员参考，也适用于大中专及技校有关专业师生作为实践参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

单相电动机修理/潘品英等编著. —北京：机械工业出版社，2010.5

（电动机修理技术丛书）

ISBN 978-7-111-30438-8

Ⅰ.①单… Ⅱ.①潘… Ⅲ.①单相电机-维修 Ⅳ.①TM340.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 070684 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：李振标 责任编辑：李振标
版式设计：霍永明 责任校对：吴美英
封面设计：王伟光 责任印制：杨 曦
北京京丰印刷厂印刷
2010 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷
169mm×239mm·20.25 印张·453 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-30438-8
定价：40.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：（010）88361066
销 售 一 部：（010）68326294
销 售 二 部：（010）88379649
读者服务部：（010）68993821

网络服务
门户网：http：//www.cmpbook.com
教材网：http：//www.cmpedu.com

前　　言

随着国民生活现代化进程，家用电器已从城市家庭转而普及农村家庭，而家电全面普及，对家用电器的维修，无论是工作量或技术要求也随之提高。而单相电动机是各种家电动力的核心部件，因此，从事单相电动机修理的队伍在不断扩大，其修理技术也亟需提高。为此，本书的编排从实际出发，首先从电动机绕组构成原理入手，用一章的篇幅介绍单相电动机各种典型的绕组型式、特征、布线特点；并详尽地叙述单相异步电动机、单相换向器式电动机的重绕计算和重绕程序与工艺。最后，还就重绕修理质量检验提供试验的要求和改进修理质量的措施。

全书共八章，内容包括单相通用型电动机、单相串励电动机、各种家电专用电动机、单相电动工具及专用电动机，以及单相变极调速电动机等。本书是由《电动机修理手册》相关内容重新改写，故部分插图借用该书，而且将电动机绕组布线接线改用潘氏画法，使其与电动机实物端部形状更相近似，使之能在图中显现线圈的相别、槽位和层次，从而达到较理想的视觉效果。

本书主要由潘品英编写，其中第二章第六节是招才万提供资料并参与编写；第三章第三节部分内容及附录大部分的查对和整理由朱违达负责。

由于作者水平所限，内容如有谬误之处，恳请读者批评指正。

作　者

于 2009 年 12 月

目　　录

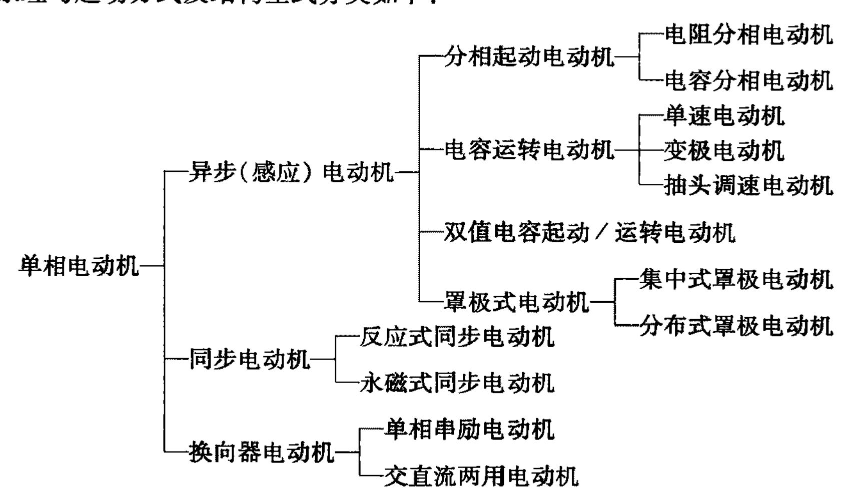
第一章 概　　述

单相电动机是使用于交流单相电源的电动机，可用于220V市电。所以，家用电器及便携式器具都使用单相电动机为动力。通常，单相电动机的体积较小，中心高不大于90mm；其功率也不大，一般在750W以下，功率（W）分为0.4、0.6、1.0、1.6、2.5、4.0、6.0、10、16、25、40、60、90、120、180、250、370、550、750及1100等20个等级，属于小功率电动机类。但随着发展需要，国外已使用了较大功率的单相电动机，目前国内也研制了YC系列2、4、6极三种转速的单相电容起动电动机，其功率（kW）有0.25、0.37、0.55、0.75、1.1、1.5、2.2、3.0、3.75共9个等级。

单相电动机具有结构简单、造价较低、工作可靠、维护方便等优点，故除应用于家电之外，也广泛用于工业、矿业、农业、林业、牧业及交通等行业的辅助设备，如小型机床、电动工具、医疗器械等。

第一节　单相电动机的种类和结构

单相电动机的种类很多，按电机结构型式可分为分相式和换向器式两大类；按产品系列可分为通用系列、电动工具、家电专用及自动控制用等。而本书则根据单相电动机的工作原理与起动方式及结构型式分类如下：



一、分相起动电动机

分相起动电动机一般又称为分相电动机。它分电阻分相起动和电容分相起动两种。起动时在副绕组中串入移相电容器的称为电容分相电动机；若起动时外接电阻，或接入

特殊设计的高阻副绕组的，称为电阻分相电动机。分相起动电动机只在起动过程中接入副绕组，运行时即断开副绕组电源，由主绕组独立工作。

分相电动机的电路原理如图 1-1 所示。它主要由定、转子及起动开关组成。转子是笼型绕组；定子铁心槽内嵌有两套机械相差 90°电角的主、副绕组；起动开关若采用离心开关，则装在电动机内部转轴上，也有采用起动继电器的，其作用都一样，即起动时当转速上升到额定转速的 75% ~80% 时，断开副绕组电源使电动机进入正常运行。这种电动机的起动转矩较高，电阻起动一般为 1 ~1.5 倍额定转矩；电容起动可高达 2.5 ~3 倍额定转矩。

二、电容运转电动机

又称电容分相运转异步电动机。其结构与分相电动机相同，唯副绕组串联的电容器起动后不脱离电源，因此嵌装在定子槽内的主、副绕组同时投入运行，其实质上构成两相电动机。

电容电动机的功率因数、效率与过载能力均比其他单相电动机高，但起动转矩较小，一般只有 35% ~60% 额定转矩。由于它的运行性能优越，在家用电器中应用最普遍。其电气接线原理如图 1-2 所示。

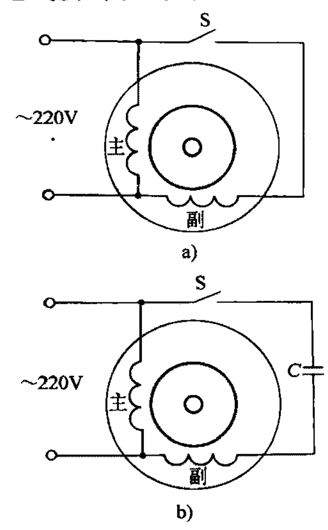


图 1-1　分相电动机电路
a）电阻分相起动　b）电容分相起动

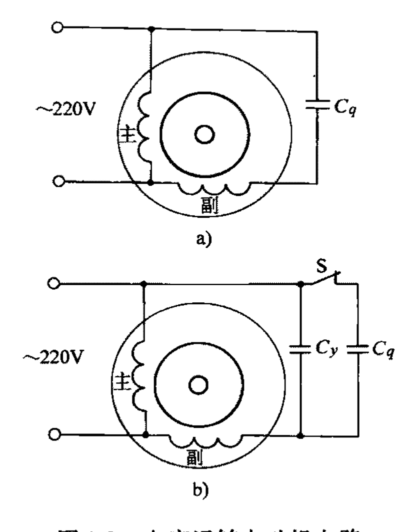


图 1-2　电容运转电动机电路
a）电容分相运转　b）双值电容电动机

三、罩极电动机

罩极电动机也属感应异步电动机的一种，转子也采用笼型转子；定子也有主绕组和副绕组，但副绕组不接电源，而是构成自行闭合的短路绕组（即罩极绕组）。罩极绕组有两种型式：

（1）集中式罩极　定子铁心采用凸出的磁极，每个磁极的励磁绕组（主绕组），整个套在凸极上，通称集中式绕组，如图 1-3 所示；副绕组是一只电阻值很小的闭合短路

环。一般在凸极极面的1/3~1/2处开有一凹槽，嵌入短路环把部分极面罩住，故称罩极电动机。这是电动机中结构最简单的一种。

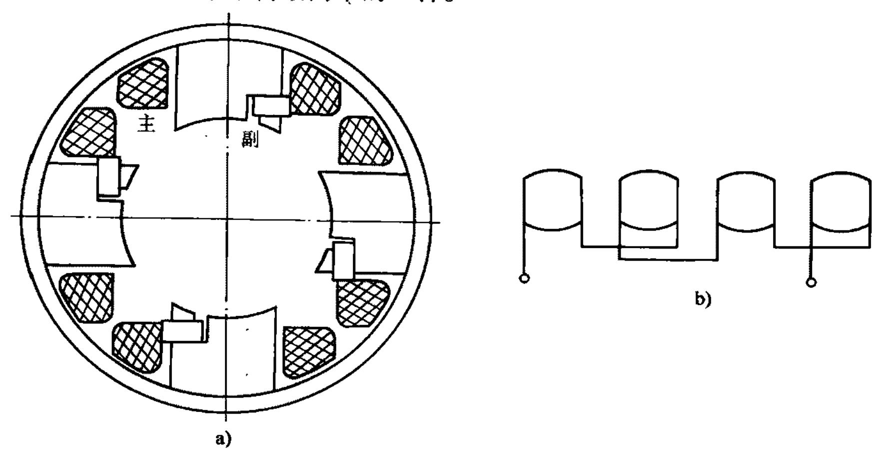


图1-3 集中式罩极电动机

a）罩极及绕组结构 b）绕组接线

（2）分布式罩极 功率较大的罩极电动机定子采用普通电动机的铁心冲片，没有凸极，属于隐极式磁极。主、副绕组均为分布型式，但磁极轴线相隔30°~60°电角，称为罩极偏角β。图1-4是分布式罩极电动机的绕组布线示例。

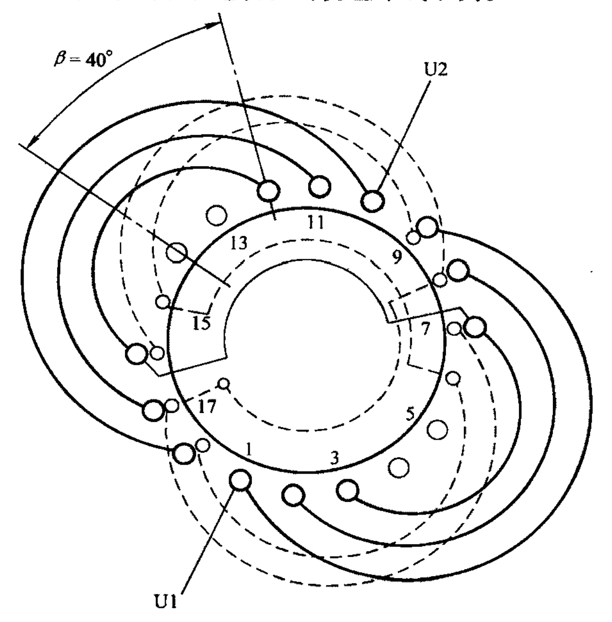


图1-4 分布式罩极电动机绕组示例

罩极电动机构造简单，成本低廉且结构坚固，但其效率极低，小功率者主要用于仪表结构及通风电扇；功率较大者则用于鼓风机等。

四、反应式同步电动机

反应式同步电动机的定子和转子均由软磁材料制成。当定子绕组接通交流电源时，即产生工频脉动旋转磁场，转子被磁化而分别产生感应极性，定子磁场将转子异性磁极吸引，但由于定子采用罩极设计，在罩极磁阻作用下，使定子极面的磁通中心线从未罩部分向被罩部分转移，从而使转子产生磁阻转矩，并随定子脉动磁场以同步转速旋转。故又称磁阻同步电动机。

反应式同步电动机除前述的罩极起动式外，还有电容起动式、电容运转式和双值电容起动/运转式三种。此类电动机具有转速稳定、过载能力大、运行可靠的优点，而且结构简单，制造成本低，又无滑动接触机构，其维护也方便；但它只适合制成微功率级的电机，常用于电唱机、复印机、录音机及电钟等作动力源。图 1-5 是单相反应式同步电动机示例。

五、永磁式同步电动机

永磁式同步电动机有异步起动永磁同步、磁滞起动永磁同步和自起动永磁同步三种型式。它具有功率因数和效率较高的特点；而且功率与体积之比大于其他同步电动机，故使材料的有效利用率较高。但与反应式同步电动机相比，则其结构相对复杂，制造成本也较高。图 1-6 是永磁同步电动机应用于微风吊扇的定子和转子结构图示例。

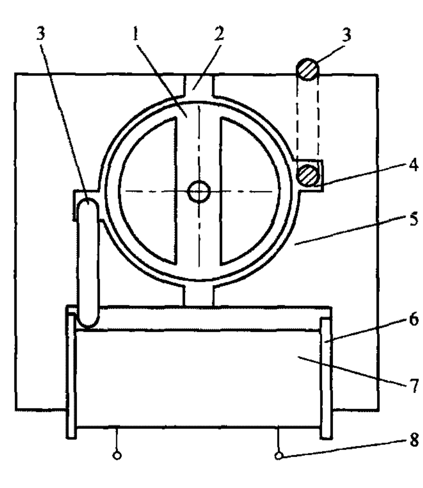
微风吊扇电动机采用外转子结构，转子内壁镶嵌 16 块永久磁铁，极性交替均布，塑料外壳配装扇叶。定子装在转子内腔，它由中心带轴套孔的铁心，线圈，爪形上、下极靴及线圈绝缘支架构成。极靴由软铁制成，每个极靴有八个爪极，上、下爪交错构成 8 对磁极。

六、单相串励电动机

它的基本结构同直流电动机，可根据使用要求设计成交、直流两用或交流单相专用品种，故又称通用电动机。定子和转子铁心均由硅钢片冲制叠制而成，定子是凸极式集中绕组，称励磁绕组；转子是电枢，由铁心、轴、换向器及转子绕组构成。转子绕组通过电刷与定子励磁绕组串联后接入电源，故称串励电动机。

串励电动机的特点是转速高，起动转矩及功率因数均较高，与相同功率其他单相电动机相比，它的体积最小，重量也最轻，对电源电压波动的适应范围较大。但它的结构较复杂，使用中又要经常维护；运转噪声较大，并对无线电有干扰，且不允许在额定电压下空载运转。串励电动机普遍用作电动工具和小型机床、吸尘器等动力源。

单相电动器具的品种繁多，所采用的电动机型式也各异，表 1-1 是家用电器及电动工具设备所常用的单相电动机的结构特征、性能特点和应用范围简介。



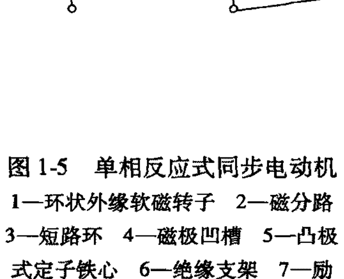


图 1-5 单相反应式同步电动机
1—环状外缘软磁转子 2—磁分路
3—短路环 4—磁极凹槽 5—凸极
式定子铁心 6—绝缘支架 7—励
磁绕组 8—绕组电源引出线

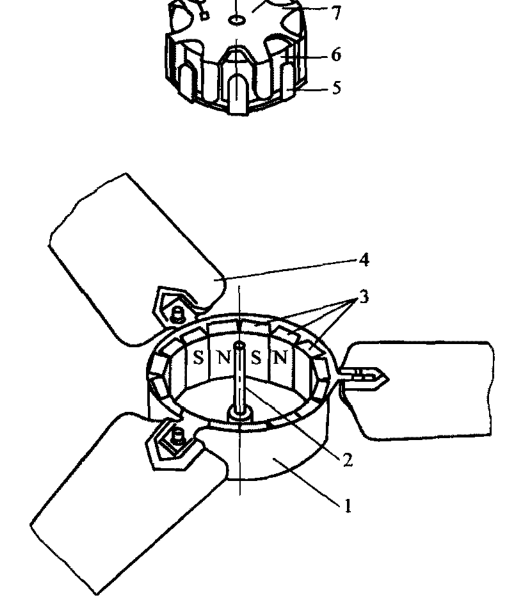


图 1-6 永磁同步电动机应用于微风
吊扇的定、转子结构
1—外转子 2—转子轴 3—永久磁铁
4—扇叶 5—下极靴 6—定子绕组
7—上极靴 8—内定子 9—绕组引出线

表 1-1 常用单相电动机的结构特征、性能特点和应用范围

电动机型式	电阻分相起动式	电容分相起动式	电容运转式	罩极式	反应式同步电动机	串励电动机
基本系列型号	YU(BO、BO2 JZ)	YC(CO、CO2、JY、JDY)	YY(DO、DO2、JX)	YJ	TU、(TX)	HL、(SU)、G
功率范围 /W	18～600	120～750	5～600	0.5～120		8～750
转子结构	笼型	笼型	笼型	笼型	凸极软磁铁	叠片电枢
起动装置	起动开关	起动开关	不需要	不需要	不需要	不需要
调速性能	一般不能调速	一般不能调速	可采用抽头式改变主、副绕组阻抗或串联外接电抗器调速	一般不能调速，但可制成特殊型式的多速电动机	不能调速，但能获得恒定的同步转速	带负载降压调速

（续）

电动机型式	电阻分相起动式	电容分相起动式	电容运转式	罩极式	反应式同步电动机	串励电动机
结构特征	定子是分布绕组，主、副绕组轴线在空间相差90°电角。一般是主绕组匝数多、导线较粗，副绕组匝数少，但导线细，以增加电阻。副绕组经起动开关与主绕组并接于电源，当转速达到75%～80%同步转速时，起动开关断开副绕组电源，由主绕组单独工作	定子绕组分布与电阻分相电动机相同，但副绕组导线较粗，副绕组与起动电容器串联通过起动开关接入电源起动。起动情况与电阻分相式同	定子嵌有主、副绕组，轴线在空间相差90°电角，一般是副绕组匝数稍多，导线较细（也有采用主、副绕组相同导线与匝数的），工作电容器串接于副绕组与主绕组并接于电源起动、运行	一般采用凸极定子，主绕组是集中绕组，极靴上嵌有罩极绕组（短路环）；另一种是隐极式定子，主副绕组均采用分布绕组，但起动绕组匝数较少，导线粗，且自行闭合。它们的轴线在空间一般相差电角45°左右	定子有四种结构型式，但与单相异步电机相似；转子开有反应槽，可分为外反应式、内反应式及内外反应式三种结构形式。设有供起动用的笼型绕组	定子为凸极式集中绕组；转子是电枢，并采用单叠绕组。电枢由换向器经电刷与定子励磁绕组串联后接入电源
性能特点	制动转矩一般为$T_K=1.1\sim1.7T_N$；制动电流大，$I_K=7\sim11I_N$。能用改变接法获得反转	制动转矩大，$T_K=2.5\sim3.0T_N$，制动电流中等，$I_K=4.8\sim6.4I_N$，可用改接反转	制动转矩小，$T_K=0.35\sim1.0T_N$，但振动小、噪声低、运行性能优良，并可逆转和调速，但不宜空载或轻载运行	制动转矩小，一般$T_K<0.5T_N$，力能指标差，一般只能单向旋转	制动转矩大，$T_K=2\sim3.5T_N$，转速恒定且噪声小，过载能力强，运行可靠，但功率小	制动转矩特大，可达$T_K=1.5\sim6.0T_N$，而且转速可高到$n=4000\sim12000$r/min，机械特性软，调速范围广，过载能力大，但结构复杂，维护困难，成本高
应用范围	适用于中等起动转矩、过载能力且不经常起动、负载可变而要求速度基本不变的场合，如小型车床、鼓风机、医疗器械、工业缝纫机、排风扇等	适用于较大起动转矩的设备，如空气压缩机、电冰箱、磨粉机以及各种泵类设备的满载起动	适用于负荷率高、噪声低的场合，如风扇、吊扇、录音机、电影放映机、记录仪表、电吹风等各种恒载起动的机械	适用于对制动转矩要求不高的场合，如小型风扇、电吹风、电唱机、电动模型、小鼓风机以及各种小功率电动设备	适用于小功率恒转速的场合，如录音、摄影及通信装置、热工仪表上；也可作电钟、电唱机电机	适用于单相交流或直流电源上使用，常用于医疗器械、日用电器、小型机床及电动工具等高速、重量轻及变负载特性的场合

第二节 一般用途单相电动机的品种与型号

一、通用型单相电动机品种

一般用途电动机是非专用的通用型单相异步电动机。采用笼型转子，品种分为电阻分相起动型、电容分相起动型和电容运转型三种。目前国产品种有 BO2、CO2、DO2 三个系列。该产品有 2、4 极两种转速，采用 IEC 国际标准，功率等级与机座号对应关系与国际通用，见表 1-2。

表 1-2 单相异步电动机功率与机座号对应关系

<table>
<tr><th rowspan="4">机座号</th><th rowspan="4">铁心长度代号</th><th colspan="2">BO2 系列</th><th colspan="2">CO2 系列</th><th colspan="2">DO2 系列</th></tr>
<tr><th colspan="6">同步转速/(r/min)</th></tr>
<tr><th>3000</th><th>1500</th><th>3000</th><th>1500</th><th>3000</th><th>1500</th></tr>
<tr><th colspan="6">额定功率/W</th></tr>
<tr><td rowspan="2">45</td><td>1</td><td rowspan="6" colspan="2">—</td><td rowspan="8" colspan="2">—</td><td>10</td><td>6</td></tr>
<tr><td>2</td><td>16</td><td>10</td></tr>
<tr><td rowspan="2">50</td><td>1</td><td>25</td><td>16</td></tr>
<tr><td>2</td><td>40</td><td>25</td></tr>
<tr><td rowspan="2">56</td><td>1</td><td>60</td><td>40</td></tr>
<tr><td>2</td><td>90</td><td>60</td></tr>
<tr><td rowspan="2">63</td><td>1</td><td>90</td><td>60</td><td>120</td><td>90</td></tr>
<tr><td>2</td><td>120</td><td>90</td><td>180</td><td>120</td></tr>
<tr><td rowspan="2">71</td><td>1</td><td>180</td><td>120</td><td>180</td><td>120</td><td>250</td><td>180</td></tr>
<tr><td>2</td><td>250</td><td>180</td><td>250</td><td>180</td><td></td><td>250</td></tr>
<tr><td rowspan="2">80</td><td>1</td><td>370</td><td>250</td><td>370</td><td>250</td><td rowspan="4" colspan="2">—</td></tr>
<tr><td>2</td><td rowspan="3">—</td><td>370</td><td>550</td><td>370</td></tr>
<tr><td rowspan="2">90</td><td>S</td><td rowspan="2">—</td><td>750</td><td>550</td></tr>
<tr><td>L</td><td>—</td><td>750</td></tr>
</table>

产品中 BO2 系列属电阻分相起动电动机，起动元件由高内阻设计的副绕组兼用而无需外接元件。但由于起动电流大，系列容量上限受单相电网制约，系列的最高功率为 370W 共 11 个规格。CO2 系列是电容分相起动电动机，它必须通过外接大容量电容器进行分相起动，其起动性能好于 BO2 系列。产品最大功率可达 750W，也有 11 个规格。DO2 系列为电容运转电动机，因其电容器要兼顾起动和运行，其起动性能较差，容量也小，最大功率仅 250W，19 个规格。系列电动机外壳防护等级为 IP44，采用 E 级绝缘，绕组具有良好的机械强度和绝缘性能，接线盒在电机顶部，便于接线和维修。该系列电

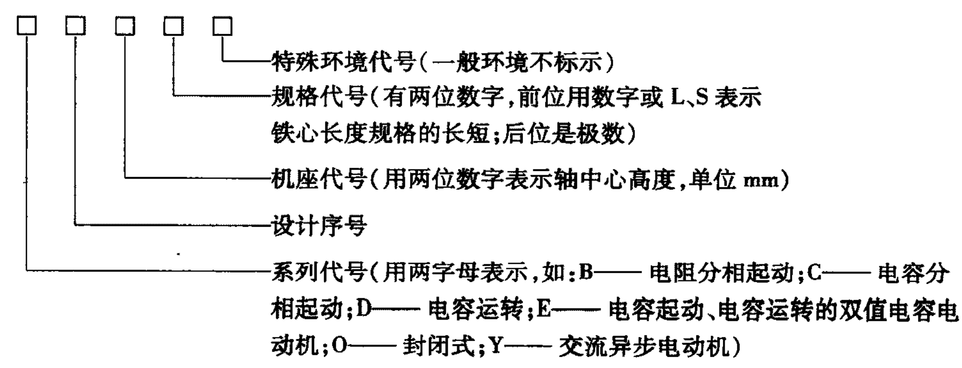
动机是20世纪80年代我国自行设计定型生产的节能机电产品新系列，它取代了JX、JY、JZ及BO、CO、DO老系列的单相电动机。随着生产发展的需要，目前又研制新颖的YC系列单相电容起动异步电动机。YC系列单相电动机与Y系列功率等级对应关系见表1-3。

表1-3 YC系列单相电动机与Y系列功率等级对应关系

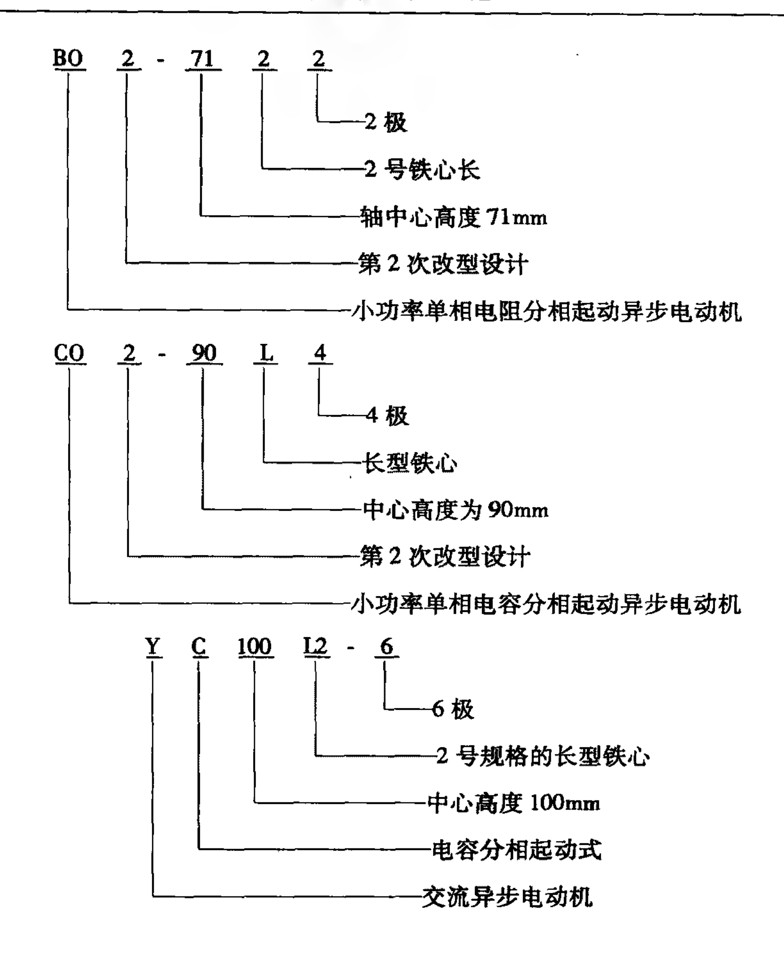
机座号		铁心长度代号	同步转速/(r/min)					
			3000		1500		1000	
			功率/kW					
			YC系列	Y系列	YC系列	Y系列	YC系列	Y系列
90	S		0.75	1.5	0.55	1.1	0.25	0.75
	L		1.1	2.2	0.75	1.5	0.37	1.1
100	L	1	1.5	3	1.1	2.2	0.55	1.5
		2	2.2		1.5	3	0.75	
112	M		3	4	2.2	4	1.1	2.2
132	S	1	3.7	5.5	3	5.5	1.5	3
		2		7.5				
	M	1	—	—	3.7	7.5	2.2	4
		2						5.5

二、一般用途（通用型）单相电动机的型号意义

单相异步电动机的型号由下列项目组成：



例如：



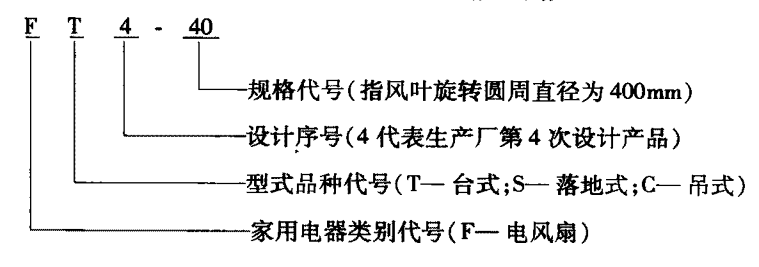
第三节 家用电器单相电动机的分类与型号

改革开放以来，随着人民生活水平的提高，各种家用电器的使用已从城市普及到农村而成为每个家庭必不可少的生活用具。家用电器种类繁多，很难合理概括分类，通常归纳为照明类、生活应用类、厨用类和家用电子类等。但就使用电动机的动力源而言，家用电器电动机按用途分为以下几类。

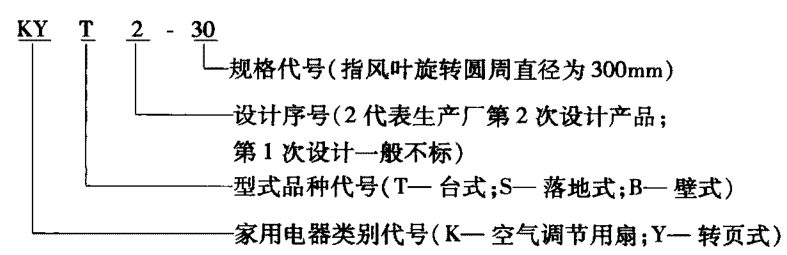
一、电风扇用电动机及型号

主要是指家用电风扇，它包括台扇、落地扇、壁扇、顶扇、换气扇、鸿运扇及吊扇等。在 20 世纪中叶，其核心动力是罩极式电动机及少量交、直流两用电动机，但目前已被单相电容运转电动机取代。目前国产标准通用型电扇用的电容电动机主要有 300YSD 型防护式台扇电动机；YF 型封闭式风扇电动机；YWF55 型单相外转子封闭式吊扇电动机等。但是实际上电风扇的品种规格很多，又涌现了吸排油烟机和鸿运扇、大厦式电风扇等新产品。因而就出现了“代用型号”，即以电风扇的型号代表电动机型号。

目前电风扇的型号是按国际统一惯例的标准编列的。一般由几个英文字母和三个阿拉伯数字组成：第一项字母是电风扇的代号；第二项字母表示电风扇的品种；第三项数字代表生产厂设计序号；第四项数字代表电扇的规格。例如：



又如：

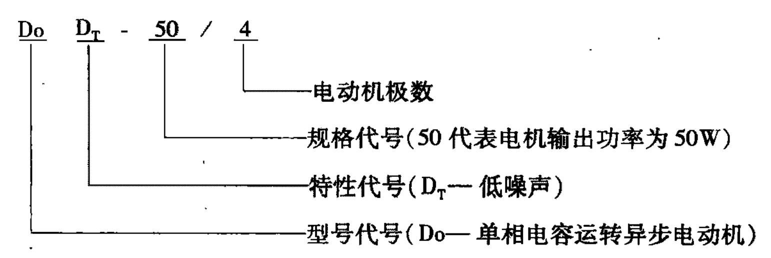


二、电冰箱用电动机的常见型号

电冰箱电动机是电冰箱的心脏——压缩机组的配套组成部件。所以电冰箱电动机从属于压缩机组专用，它的型号习惯上采用压缩机组的型号，而且因生产厂而异，所以外文字母、数字代号无统一规定，只有少量的型号能明确表示出压缩机组与电动机的主要参数。例如：QF-21-75、QF-21-93，其中最后一项数字75、93表示电动机输出功率为75W、93W；中间数字21则代表压缩机的气缸直径为21mm。除此型号外，所有国内外的压缩机组型号的外文字母、数字代号均由各生产厂自定，无法明确其型号的组成意义，只能参阅压缩机组铭牌上的有关参数或说明书。

三、空调用电动机的型号

家用空调器一般都使用单相电源，通常都具有两台电动机，一台是压缩机组电机作制冷循环用；另一台作强迫通风及交换空气循环用。空调器用电动机的型号有如下几种：



Y Y K - 30 - 6 D

A、B、D 等代表派生代号
电动机极数
规格代号(30 代表电机输出功率为 30W)
用途代号(K— 空调用)
型式代号(Y— 单相电容运转式)
分类代号(Y— 异步电动机)

K B D - 3

规格序号
型式代号(D— 单相电动机)
用途代号(B— 泵用,即指空气压缩机)
用途分类代号(K— 空调用)

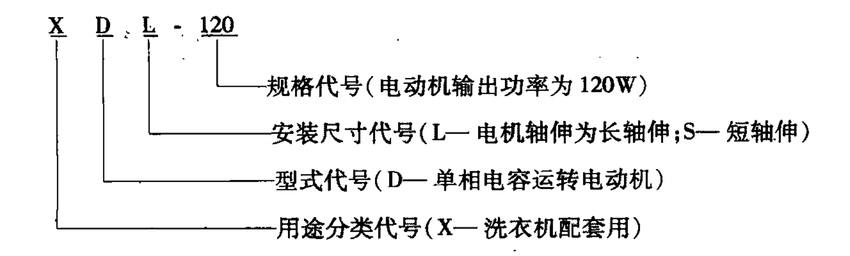
K F D - 2 B

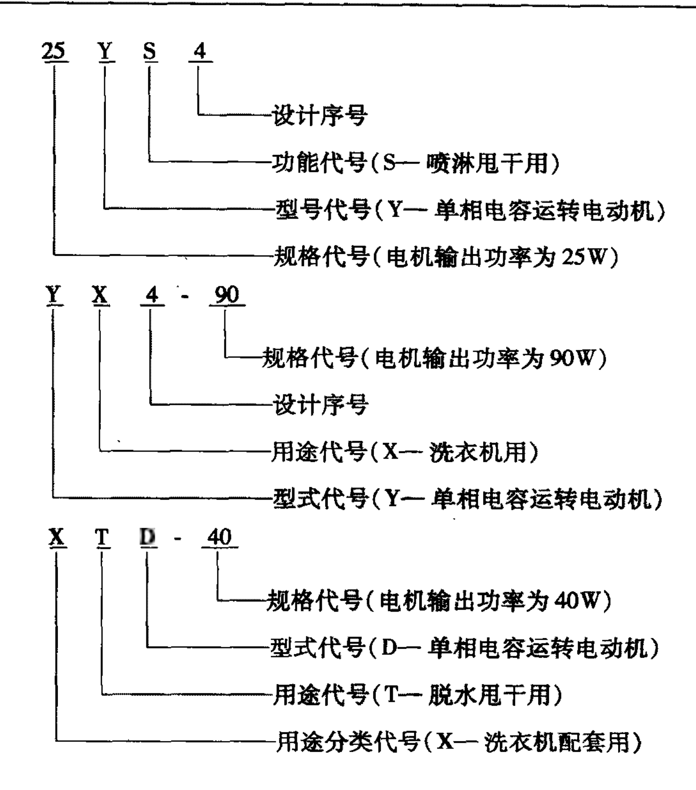
派生代号
规格序号
型式代号(D— 单相电动机)
用途代号(F— 风扇用)
用途分类代号(K— 空调用)

四、洗衣机用电动机的型号

洗衣机用电动机属单相电容运转电动机，通常设计成开启式自冷或自扇冷结构。我国较早生产的有 DX 系列，产品符号国家技术标准，共有 4 个规格，是洗衣机专用的通用型电机。

国产洗衣机用电动机型号的组成如下：





第四节　单相串励电动机及电动工具的分类与型号

单相串励电动机是采用直流电动机的换向器式结构，它可以制成交直流两用，但由于220V直流电源并不普及，故目前的换向器式电动机已不作兼用直流的设计。此类电机较之单相感应电动机而具有起动转矩大、转速高及体积小等优点，故在大功率的家用电器和便携式电动工具中获得广泛应用。单相串励电动机分通用型和专用型两类。

一、通用型单相串励电动机的型号

目前使用的国产标准产品是G系列，它是20世纪70年代设计定型的新系列，它包括4个机座号、4种转速等级、12个功率等级共38个规格。其功率等级与机座号对应关系如表1-4。

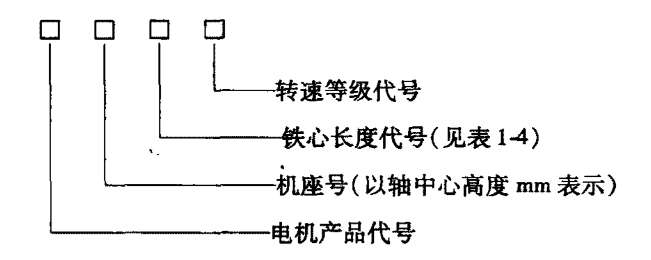
表1-4　G系列单相串励电动机功率等级与机座号对应关系

机座号	铁心长度代号	额定功率/W			
		4000r/min	6000r/min	8000r/min	12000r/min
36	1	8	15	25	40
	2	15	25	40	60
	3	25	40	60	90

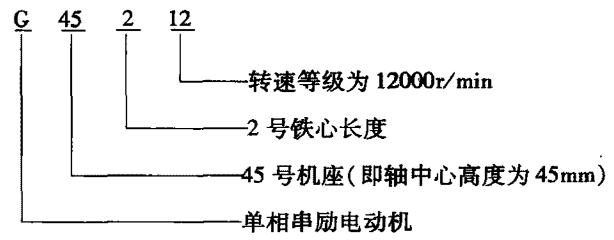
（续）

机 座 号	铁心长度代号	额定功率/W			
		4000r/min	6000r/min	8000r/min	12000r/min
45	1	40	60	90	120
	2	60	90	120	180
	3	90	120	180	250
56	1	120	180	250	
	2	180	250	370	—
	3	250	370	550	
71	1	370	550		
	2	550	750	—	—
	3	750	—		

G 系列单相串励电动机型号组成意义如下：



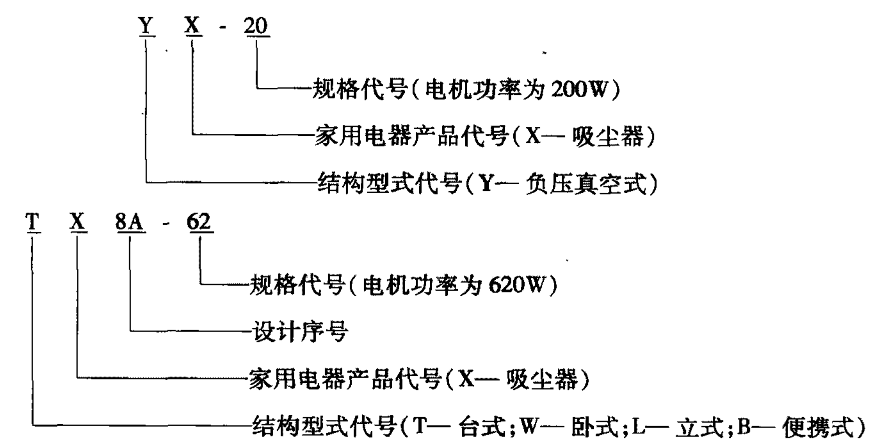
例如：



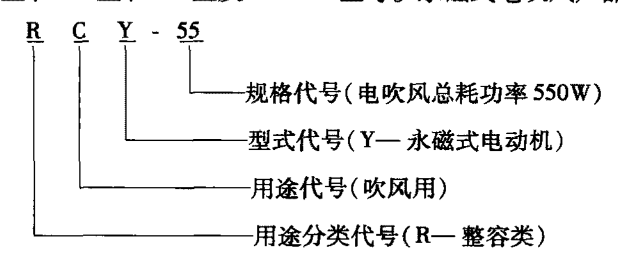
二、家用电器用串励电动机的型号

家用电器除采用感应电动机外，为了获得大功率且轻便的效果，在一些家电品种中也采用单相串励电动机为动力。

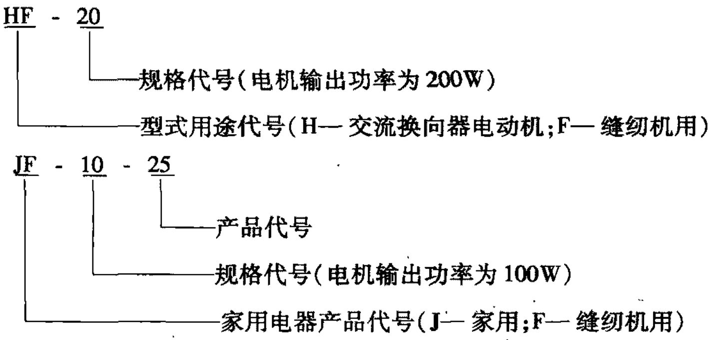
（1）吸尘器电动机的型号　吸尘器既要求轻便又要效果好，所以都采用单相串励电动机为动力。电动机为专用型，一般随吸尘器型号为代用型号。常用型号如：



(2) 电吹风电动机的型号　电吹风为整容类家用电器，它的电动机有三种型式：永磁直流电动机、单相罩极电动机和单相串励电动机。它的型号也采用产品型号代号，常见的有642型、604型、633型、636型及HD-450型等。永磁式电吹风产品型号如下：



(3) 电动缝纫机用电动机的型号　电动缝纫机的电动机属专用电机，一般家用的多采用单相串励电动机。定子为二极，转子11槽，输入功率有50W、60W、70W、80W四种规格。电动机型号无统一标准，有以缝纫机型号代用的，如65-9型、6028型、6028A型等；也有标示电动机型号的，如以下常见的两种。



三、电动工具用电动机的分类与型号

电动工具一般是指轻便式手提电动工具。它的品种繁多，若按用途大致可分九类，见表1-5所示。

表 1-5 电动工具型号中的外文、数字代号、符号意义

1 系统类别

代号	J	S	P	M	N	Z	T	K	Q
系统类别	金属切削类	砂磨类	装配类	林木类	农牧类	建筑道路类	铁道类	矿山类	其他类

2 电动工具功能名称及代号

系统类别代号	分组代号	分组名称	代号	功能名称
J			Z	电钻
J			C	磁座钻
J			A	电铰刀
J			K	电动刮刀
J			H	电冲剪
J			Q	电动曲线锯
J			U	电动锯管机
J			F	电动往复锯
J			G	型材切割机
J			J	电剪刀
J			S	电动攻丝机
J			D	多用电动工具
S	S	电动砂轮机	S	直向砂轮机
S	S	电动砂轮机	M	角向磨光机
S	S	电动砂轮机	R	软轴砂轮机
S	G	电动砂光机	G	直向砂光机
S	G	电动砂光机	J	角向砂光机
S	P	电动抛光机	P	直向抛光机
S	P	电动抛光机	J	角向抛光机
P			B	电动扳手
P			Z	电动胀管机
P			L	电动螺丝刀
P			M	电动拉铆机
M			B	电刨
M			C	电动插孔机
M			K	电动开槽机
M			A	电动带锯
M			L	电链锯
M			Y	电圆锯
M			Z	电动木工钻
M			G	电动木工砂光机
M			X	电动木铣
M			H	电动打枝机
M			S	木工刃具砂轮机
N			J	电动剪毛机
N			P	电动喷油机
N			C	电动采茶机
N			Z	电动剪枝机
N			L	电动粮食深层取样机
Z			D	混凝土振动器
Z			J	冲击电钻
Z			G	电镐
Z			B	地板刨光机
Z			S	地板砂光机
Z			H	电动打夯机
Z			M	电动水磨石机
Z			X	砖瓦铣沟机
Z			Q	钢材截割机
Z			Z	混凝土钻机
Z			C	电锤
T			B	铁道螺钉电扳手
T			Z	枕木电钻
T			G	枕木电镐
K			Z	电动凿岩机
K			Y	岩石电钻
Q			G	电动骨钻
Q			C	裁布机
Q			X	电动胸骨锯
Q			K	电动雕刻机
Q			S	石膏电锯
Q			Q	电动除锈机
Q			H	电动卷花机
Q			P	电喷枪
Q			T	电动地毯剪
Q			G	锅炉去垢机

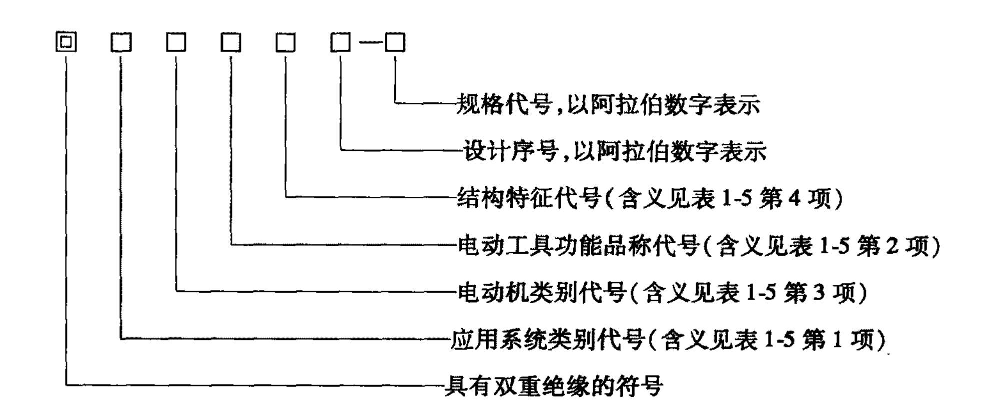
3 电动机类别

代号	0	1	2	3	4	5
电动机	代压直流电动机(24V 以下)	交直流两用电动机	三相中频(200Hz)电动机	三相工频电动机	三相中频(400Hz)电动机	电磁往复电动机

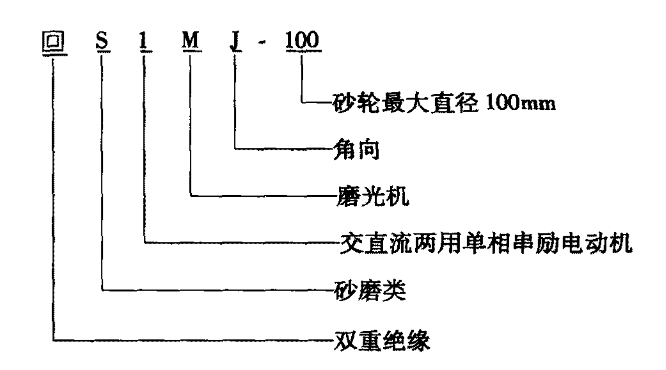
4 结构特征

代号	J	R	T	S	D	G	Z	H	P	回
结构型式	角向	软轴式	台式	双速	多速	高速	直筒式	后托柄式	拎攀柄式	双重绝缘

电动工具中，除个别品种使用三相工频、中频或单相工频异步电动机外，目前绝大部分都采用单相串励电动机为动力源。它的型号常以工具型号作为电动机代用型号，并由产品的系列代号和规格代号组成如下：

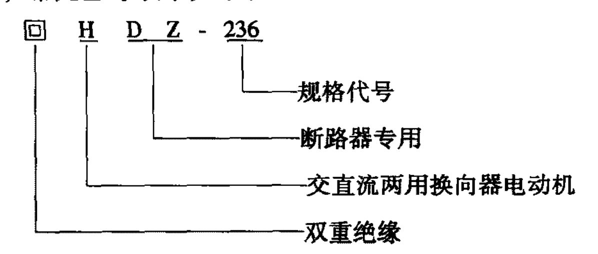


例如：

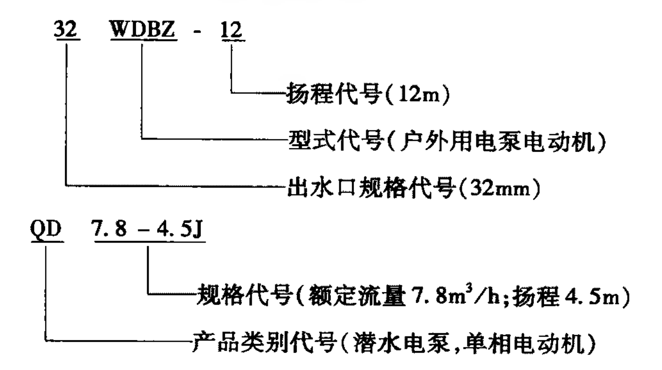


四、其他机电设备专用单相电动机的型号

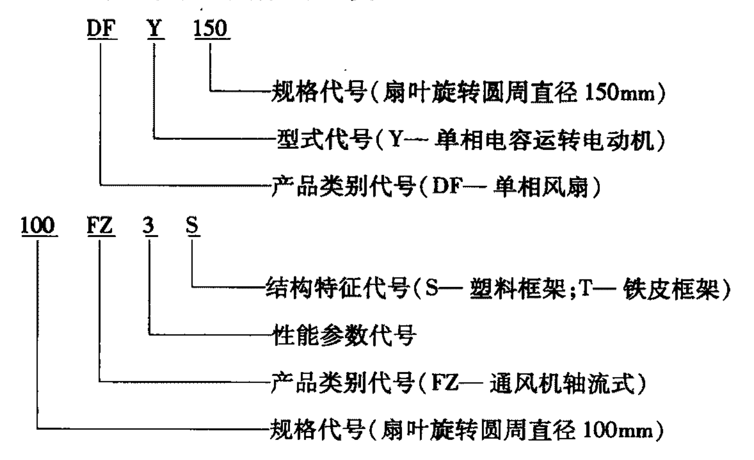
（1）高压断路器专用单相电动机的型号　大型高压断路器操动机构专用电动机采用单相串励电动机，常见型号表示如下：



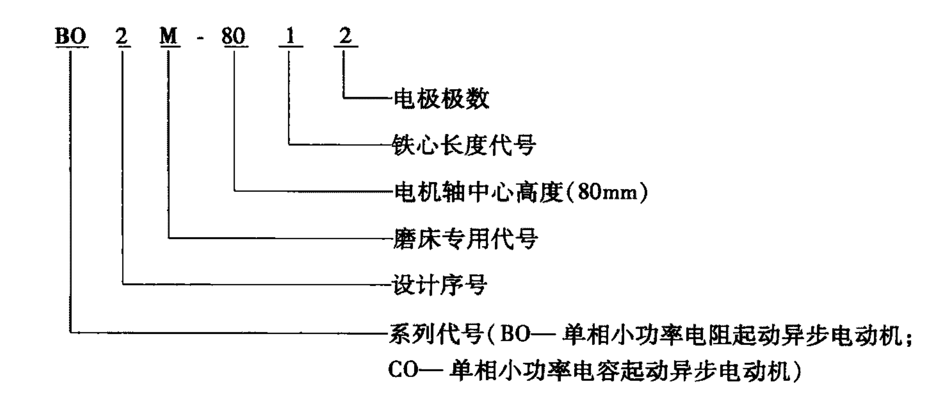
（2）泵用单相电动机系列的型号　微型同轴泵用单相电动机是采用代用型号，其典型系列型号有如下两类：



(3) 轴流式通风机专用单相电动机系列的型号 FZ 系列轴流通风专用的单相电动机多采用电容运转式。其代用型号有如下两类:



(4) 磨床专用单相电动机的型号　电动机采用通用型派生的专用系列。其主要型号如下:



（5）静电复印专用微型单相电动机的型号　各功能电动机的型号统一如下：

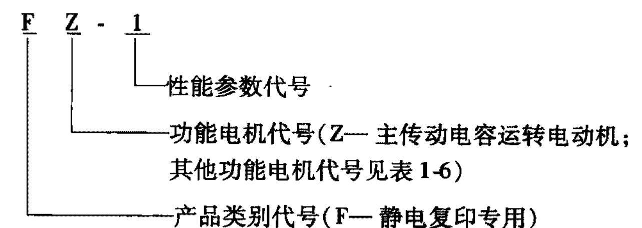


表 1-6　静电复印机专用微型单相电动机的型式、功能代号

代　　号	电动机型式	功能电动机
Z		主传动电机
G		可逆转光学驱动电机
S	电容运转	输送纸张电机
X		吸尘电机
M	电容运转	毛刷电机
C	永磁直流	搓纸电机
F	单相罩极	风扇电机

第二章　单相电动机绕组

绕组是电动机的核心部件，也是最容易损坏的部分，因此，要修好电机就必须掌握绕组的结构特征，布线型式和接线原理。本章主要介绍单相常用系列以及专用电动机的绕组结构与型式。

第一节　单相电动机的绕组结构型式与分类

一、电机绕组构成的基本概念

1. 线匝、线圈与线圈组　绝缘导线在一定形状（如棱形、鼓形或矩形）的模具上绕行一周为一匝线，也称单匝线圈；绕成多匝就构成常规的线圈。多个绕行方向相同的线圈串联构成线圈组。在特定条件下，电机的线圈组也可由一只线圈构成。

线圈是电机绕组的基本元件，每个线圈两引出线俗称头和尾，头、尾是相对而言，也称为两个极性端。但同一台电机中，必须把全部同绕向线圈（组）的起端设为头（或尾），另端为尾（或头）。

2. 绕组、相绕组及电机绕组　把数只相邻的线圈，按同一方向连接而成称线圈组；而把定子同属一相位的全部线圈组按极性规律连接而成的是相绕组。单相电动机的绕组结构由主、副两相构成，称主绕组和副绕组，除个别特殊型式外，主、副绕组的参数是不同的；而且单相电动机由互差90°电角的两个相绕组构成。

3. 显极绕组与庶极绕组　同相线圈组按相邻反极性规律连接而成的相绕组称为显极绕组，如图2-1所示，其相邻两组线圈是“尾与尾”或“头与头”反极性串联；而且一相线圈组数等于磁极数。

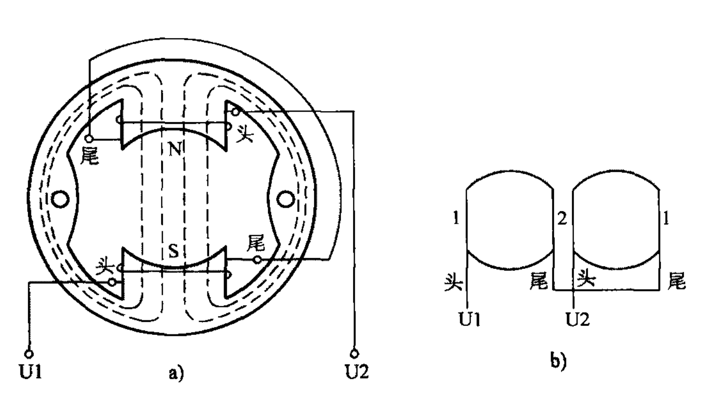


图2-1　显极式绕组

庶极绕组如图 2-2 所示。它的一相线圈组数是磁极数的一半。因此，改变绕组在定子上的接线，即使两组线圈的尾与头顺接串联就可使一相的两组线圈形成 4 极。这就是庶极绕组。

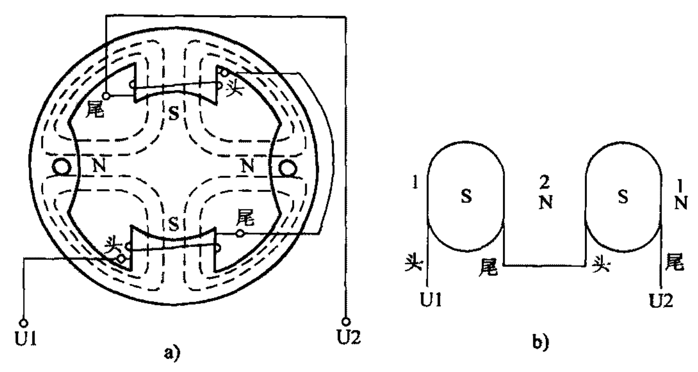


图 2-2 庶极式绕组

4. 集中式绕组与分布式绕组 如图 2-1 所示，定子磁极制成凸极铁心，且每极套上一只线圈的称为集中式绕组；分布式绕组的电机铁心没有凸极，而定子由多槽冲片叠制而成，电机的磁极由嵌在槽中的绕组线圈通过电流而感应产生，而且在一相绕组中每极可由多只线圈组成，这种型式称分布式绕组，交流电动机大部分都采用分布式绕组。

5. 单层绕组、双层绕组和单双层混合绕组 主要实施于分布式绕组，即每槽只有一个线圈有效边的称单层绕组。因此，一个线圈占去 2 槽，故总线圈数等于槽数的一半。特别是线圈数少，接线工艺简单，嵌绕省时；但电气性能稍差。

双层绕组是每槽嵌入两个有效线圈边，分置于槽的上下层。因每只线圈占有两个半槽的空间，即一只线圈占据一槽，故总线圈数等于槽数。由于槽内嵌入不同线圈边，存在相间短路的可能性，故嵌线时需增加层间绝缘，从而使槽的空间利用率下降，且嵌绕较费工时，但可缩短线圈的节距以改善电气性能。但目前主要用在三相电动机，单相电动机已很少采用。

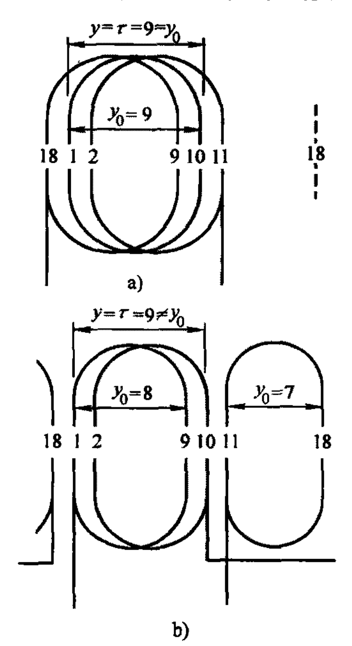


图 2-3 线圈节距和绕组节距示意图

a）线圈节距 y_0 b）绕组节距 y

6. 极距 τ 极距是电机的重要参数，它是每磁极占定子铁心内圆周表面的弧度距离，有两种表示形式：

1）绕组极距 τ（槽） 以槽数表示，是电

机绕组布线的重要参数，即

$$\tau=\frac{Z}{2p}$$

2）电机极距 τ（cm）　以弧长尺寸表示，是电机电磁设计的重要参数，即

$$\tau=\frac{\pi D}{2p}$$

式中　τ——极距；

Z——定（转）子槽数；

D——定子铁心内径（或转子铁心外径）（cm）；

$2p$——电动机极数。

7. 节距　节距又称跨距，以槽数为单位，它有两种概念：

1）线圈节距 y_0　是指单个线圈两有效边所跨占的槽数；如图 2-3a 中，线圈节距为 1—10，即两有效边分别嵌入第 1 槽和第 10 槽，故线圈节距表示为 $y_0=1—10$ 或 $y_0=9$。

2）绕组节距 y　对双层绕组，若选线圈节距 $y_0=\tau$（极距）时，构成全距绕组，其节距系数 $K_P=1$；若缩短线圈节距便构成短距绕组，即绕组节距 $y=y_0<\tau$，双层短距绕组的 $K_P<1$。众所周知，单层绕组（除极个别不常用的特殊型式）其绕组节距系数 $K_P=1$，即均属全距绕组，但由图 2-3 中可见，无疑图 a 的 $y_0=\tau=9=y$，是 $K_P=1$ 的全距绕组；显然，通电后两图绕组的效果完全相同，即 $K_P=1$，故图 b 也是全距绕组，但图中的绕组节距 y 并不等于线圈节距 y_0。由此可见，绕组节距与线圈节距是两个不同的概念。因此，绕组系数计算时的节距不是线圈节距而是绕组节距。

8. 电机的电角度与每槽电角度　定子铁心内圆是 360°几何角度，若绕制二极电机（即一对磁极），这台电机也具有 360°电角度；若在 360°几何角度的定子上绕制 4 极绕组，则定子便具有 360°×2=720°电角度。以此类推，电动机所具有的电角度有如下关系：

$$\theta=360°\times p \text{ 或 } \theta=180°\times 2p$$

式中　θ——电动机定子所具有的电角度；

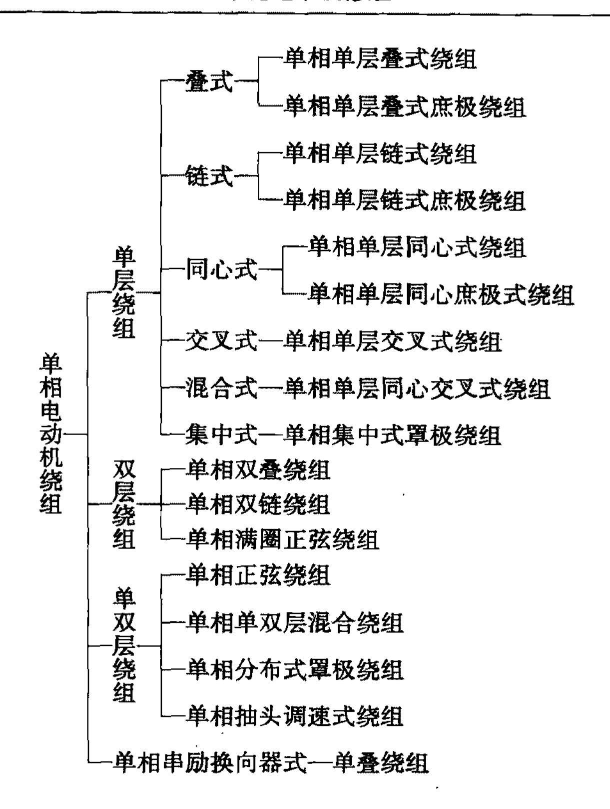
p——电动机绕组极对数。

由此推算，电机定子每槽所占电角度

$$\alpha=\frac{360°\times p}{Z} \text{或} \alpha=\frac{180°\times 2p}{Z}$$

二、单相电动机绕组的分类

单相电动机有两个绕组：一是运行绕组称主绕组；二是起动绕组称副绕组，故实质上是由两相互差 90°电角的相绕组构成。所以，按电动机运行方式可分为运行型与起动型。如果按绕组结构的型式则其分类如下：



三、单相电动机的绕组型式与接线

单相绕组不但型式多，品种更多，就正弦绕组而言就可构成百余种，而目前实用于产品的接近五、六十种。此外，还有很多产品是采用非正弦布线的绕组。下面就择其主要的常用型式进行介绍。

单相电动机有两种工作型式，一是起动型，即主绕组和副绕组起动时都接入电源，运转时副绕组脱开电源而由主绕组单独运行；二是运行型，即主、副绕组同时参与起动也参与运行。在电路结构上，电动机的副绕组必须串联起动元件（电容器或电阻器）以获得与主绕组不同的相位，为了得到较大的起动转矩，起动型电动机常用大容量的电容器，当副绕组串联大电容后电流增大，对运行型电动机来说，不但耗费电能，而且可能发热而烧毁副绕组。因此，为了兼顾起动与运行，运行型电动机选用的电容器就远小于起动型。

另外，为了提高铁心利用率，起动型的主、副绕组占槽比采用2:1，而结构型式以主绕组为准；运行型则用相同的占槽比，故主、副绕组型式相同。

1. 单相单层绕组

（1）单层叠式绕组的布线型式和接线　图2-4是单相起动型单层叠式绕组的布接线图示例，主、副绕组占槽比为2:1，即24槽定子中，主绕组占16槽，安排4组交叠双圈构成4极，属显极式布线，故是“尾与尾”或“头与头”相接；余下8槽安排副绕

组，采用双圈叠式则只可构成两组，所以副绕组是庶极布线，即“尾与头”串联构成4极。因此，也可将副绕组的双圈分拆成4只单圈而采用显极布线。

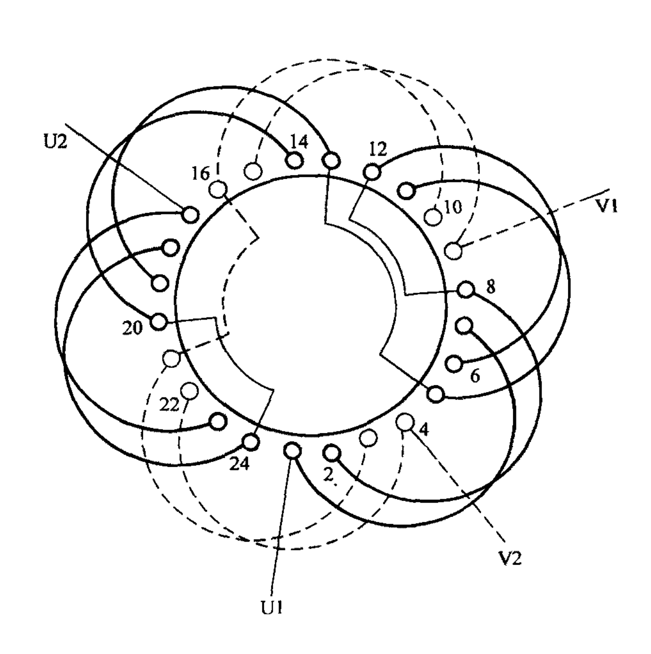


图2-4　单相24槽4极（起动型）单层叠式绕组

运行型单层叠绕组则如图2-5所示。主、副绕组各占8槽，均由双圈构成，同相相邻组间是反接串联构成2极。

单叠绕组的槽满率较高，但电磁性能较差，实际应用不多，仅用于容量微小的电动机，目前多被性能较优的正弦绕组代替。

（2）单层链式绕组布线型式和接线　单链绕组是一种线圈节距缩短的全距绕组，构成条件必须每组线圈数为1，因此是性能较好的正弦绕组无法替代的绕组型式。但作为起动型绕组则极为罕见。图2-6是由两种节距线圈构成的单相18槽6极起动型的单链绕组示例。主绕组是反接串联，使相邻线圈（组）形成反极性；副绕组是庶极布线，由3只线圈顺接串联形

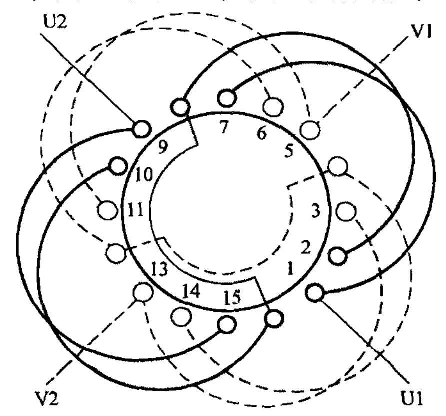


图2-5　单相16槽2极（运行型）单层叠式绕组

成6极。

单层链式的运行型绕组布接线如图2-7所示。由图可见，每极有一只线圈，主、副绕组各由6只线圈（组）构6极绕组；同相相邻线圈是反接串联。

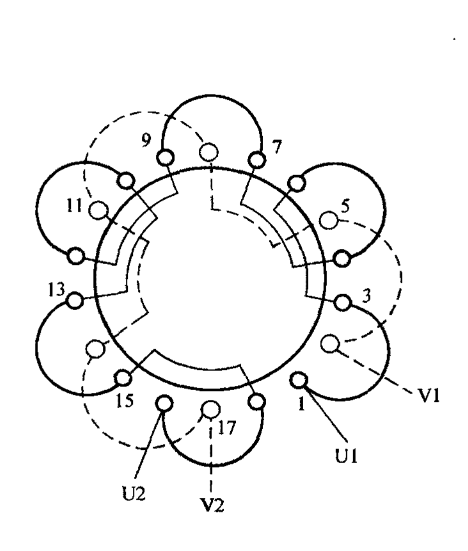


图2-6　单相18槽6极（起动型）单层链式绕组

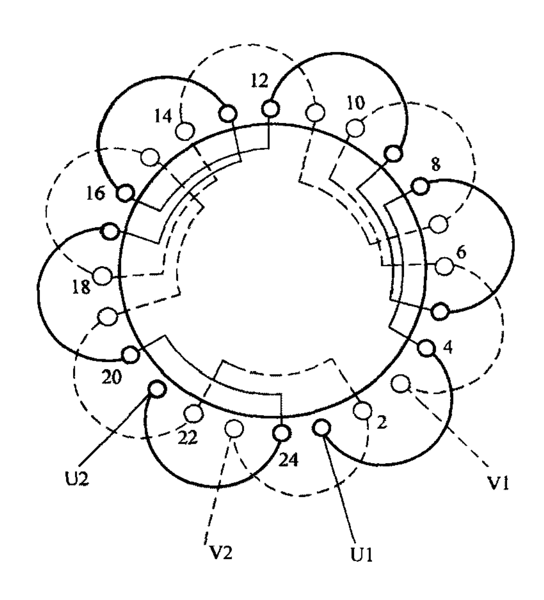


图2-7　单相24槽6极（运行型）单层链式绕组

单层链式绕组便于采用连绕连嵌工艺，并省去组间接线工序，从而提高绕组制作工效。绕组是全距绕组中的线圈节距最短，故用铜线较省，是小功率电动机中应用最多的形式之一。

（3）单层同心式绕组布线型式和接线　单层同心式起动型绕组如图2-8所示，主绕组采用同心线圈布线，每组由同心双圈构成，4组线圈按相邻反极性串联形成4极；副绕组也应用同心线圈，但本例槽数较少，根据2:1占槽比则副绕组显极只能安排一圈，这时相邻线圈也是反极性串联。

运行型绕组两相占槽相等，图2-9是由同心双圈构成的运行型同心式绕组。采用显极布线，同相组间是反极性串联。

同心式绕组主要特点是可将主、副绕组分置于上、下层次，使端部形成双平面结构，嵌线及副绕组修理都较方便；但线圈采用不同节距，使制作工艺略显费工。起动型同心式绕组还可派生出其他布线的绕组；运行型同心式绕组应用还是比较多的，但近年则多被正弦绕组所代替。

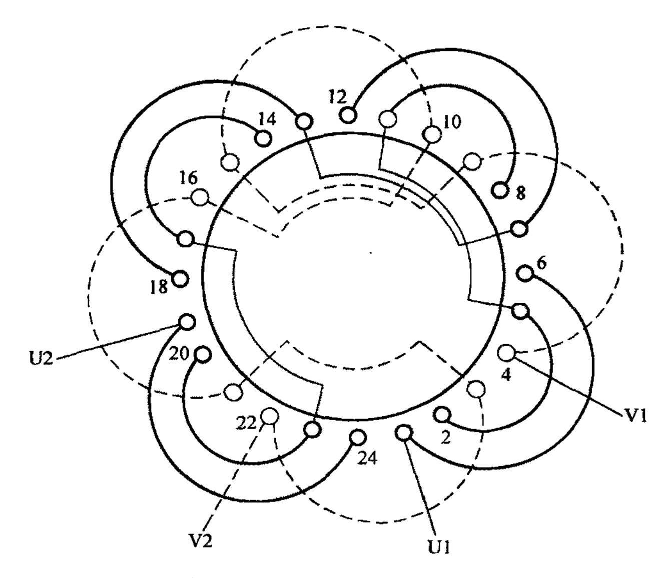


图 2-8　单层 24 槽 4 极（起动型）单层同心式绕组

（4）单层交叉式绕组布线型式和接线　单层交叉式是单层叠式的特殊型式，它是把主绕组每组的等圈改变成每组圈数为带 1/2 分数圈，即使相邻两组线圈数相差 1 个线圈，如图 2-10 的主绕组就由 3 圈和双圈构成二极；同样副绕组则由双圈和单圈组成。因其结构上的限制，主、副绕组的占槽比可不拘于 2:1，如本例就是 5:3。

运行型的单层交叉式绕组如图 2-11 所示。它的主、副绕组都由相同的双圈和单圈交叉布线，双圈由同节距的两线圈按交叠安排；而且线圈有两种节距。绕组属显极式，同相相邻线圈组是反极性串联。此式绕组也可用正弦绕组替代。

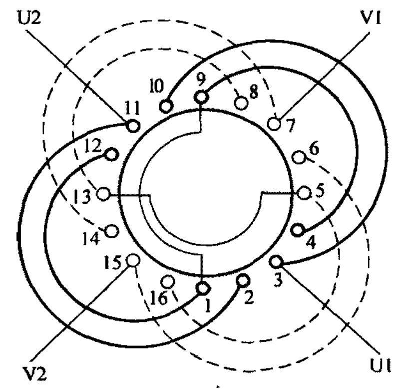


图 2-9　单相 16 槽 2 极（运行型）单层同心式绕组示例

（5）单层同心交叉式绕组布线型式和接线　单层同心交叉式是将交叉式绕组中的交叠式线圈组改变成同心线圈组。图 2-12 即是单层同心交叉式绕组示例。该绕组是运行型，主、副绕组布线型式相同，都用单、双圈交叉分布，并按相邻反极性接线。此型的起动型绕组未见应用，不作介绍；此外，由于结构原因单层同心交叉式也不能构成庶极绕组。

2. 单相双层绕组

（1）双层叠式绕组布线型式和接线　双层绕组每极相槽数 $q>1$ 的整数时，由等节距线圈构成的绕组端部呈交叠状，故称双层叠式绕组，简称双叠绕组。图 2-13 是运行

型双叠绕组布接线示例。它由线圈节距较极距缩短一槽的等距线圈组构成，主、副绕组均采用交叠双圈组布线。绕组属于显极式，故同相相邻线圈组是反极性串联。

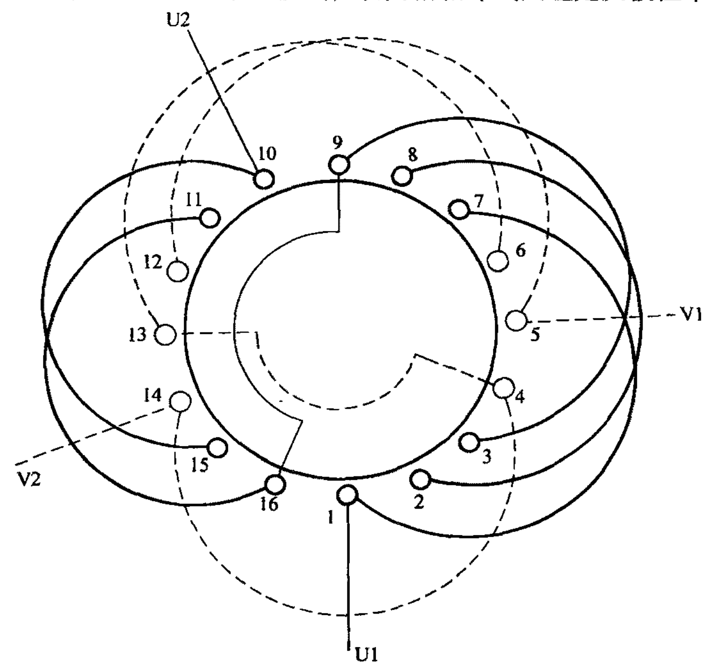


图 2-10 单相 16 槽 2 极（起动型）单层交叉式绕组

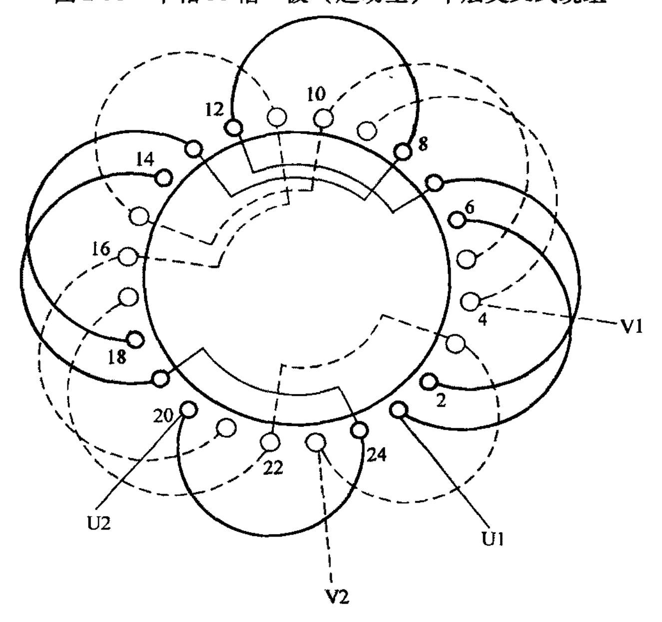


图 2-11 单相 24 槽 4 极（运行型）单层交叉式绕组

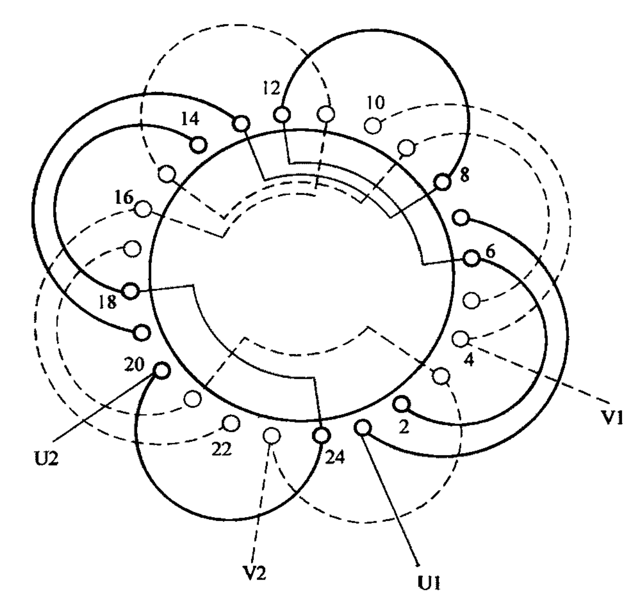


图 2-12　单相 24 槽 4 极（运行型）单层同心交叉式绕组

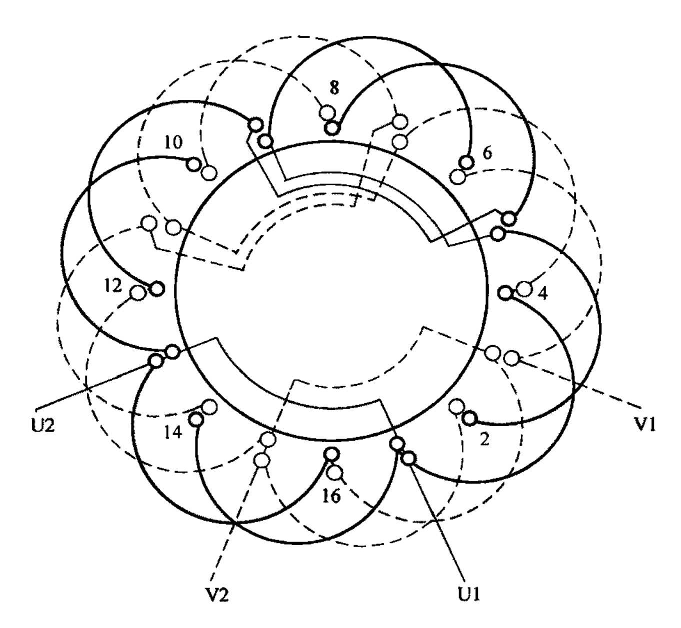


图 2-13　单相 16 槽 4 极（运行型）双层叠式绕组

起动型双叠绕组如图 2-14 所示。其结构与上基本相同；不同的是主、副绕组占槽不等，即主、副绕组占槽比为 2∶1。

双层叠绕组可灵活选用节距而不影响构成因素，且能有效地消除或减弱高次谐波而获得较好的性能；但绕组槽满率低，线圈比单层多一倍，而且要“吊边”嵌线操作不便，工艺耗费工时。目前在小电机中已较少应用。双叠绕组可构成庶极式，但没有实际应用。

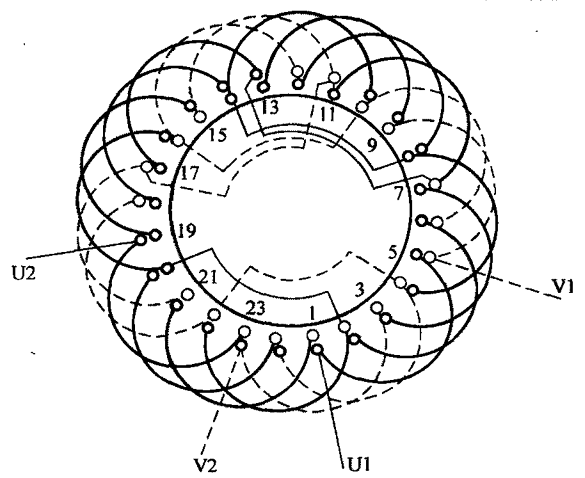


图 2-14 单相 24 槽 4 极（起动型）双层叠式绕组

（2）双层链式绕组布线型式和接线 单相双层链式绕组主、副绕组每极圈数 $S_P = 1$，因其布线形状在平面展开图上如链相扣故称；简称双链绕组。为了满足布线结构，线圈必须为整距，而且线圈节距必须是 $y_0 = 2$。图 2-15 是单相 8 槽 4 极运行型双链绕组示例。此绕组只应用于显极式布线，故同相相邻线圈（组）为反极性串联。因是双层布线，绝缘占有空间大，故有效槽满率较低，且总线圈数比单层多一倍，使嵌绕耗费工时。

双链绕组是电扇类电动机绕组的基本型式之一；也是正弦绕组无法替代的品种。

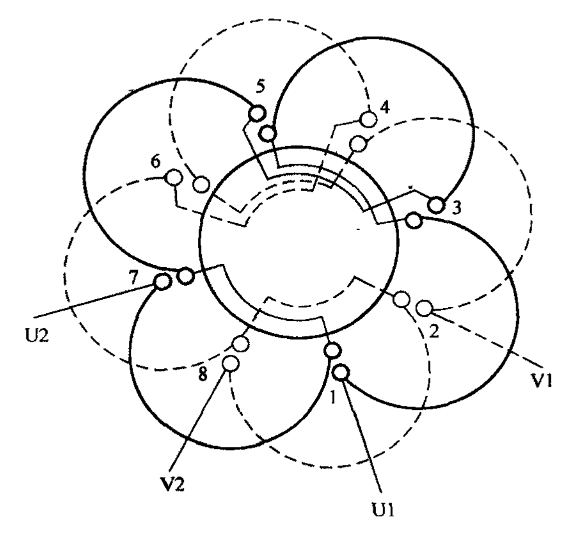


图 2-15 单相 8 槽 4 极（运行型）双层链式绕组

3. 单相单双层绕组

一台电动机中既有单层线圈又有双层线圈的绕组就是单双层混合式绕组。它由双层叠式绕组演变而来，即在双叠绕组中将属同相同槽的双层线圈有效边归并为单层线圈，则构成类于同心式线圈组，且具有单层和双层两种线圈结构的绕组型式。单相单双层绕组分 A、B 两类：A 类主、副绕组的同心大节距线圈均为双层布线，而且两个有效边属同一相属；B 类主、副绕组的同心大线圈是单层布线，而且两极大线圈同相相邻并向两边反折布线。但是，主、副绕组也可采用不同的布线类别，如图 2-16 就是主绕组为 A 类布线，副绕组用 B 类布线的 A/B 类单双层绕组。此外，单双层还有个别特殊的“非正交”布线，应用更少，不作介绍。

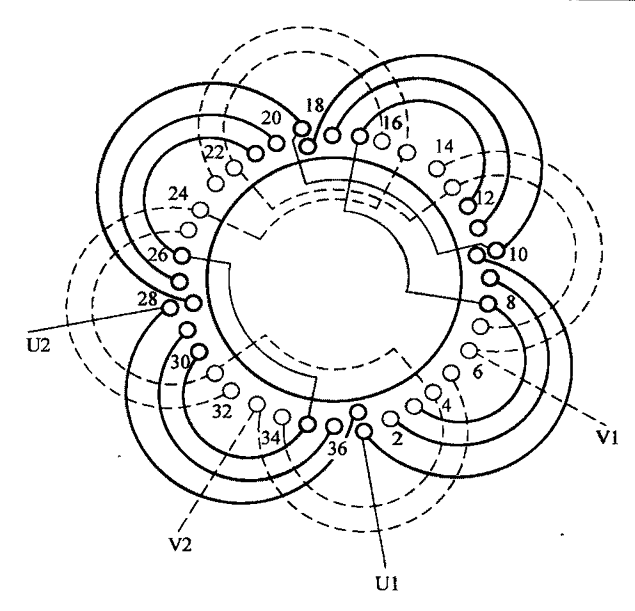


图 2-16　单相 36 槽 4 极单双层（A/B 类）绕组示例

在实际应用中，单双层绕组用于运行型或起动型在结构上并无严格区分，如本例绕组就是一台运行型电动机绕组，但它也可用于起动型单相电动机。单双层绕组是等匝槽绕组，故双层线圈的匝数是单层线圈的一半左右；绕组总线圈数少于双层布线，嵌绕略为方便，而且绕组的平均节距比相应双叠绕组缩短，用线较省而能耗稍低；但单双层混合布线反又致操作不便。故实际应用不广，目前主要见于洗衣机用电动机。

单相电动机的正弦绕组（包括满圈正弦）将在单相通用系列电动机中专述；其它如分布式罩极绕组、单相变极绕组、抽头式调速绕组以及换向器式绕组等，均结合应用作专题介绍。

第二节　国产通用新系列单相电动机正弦绕组

电动机运行最理想状态是每极下的旋转磁场沿气隙圆周按正弦波形分布，它的振幅最大，是磁场的基本波形。由于种种因素，气隙中会产生其它派生的磁场对基波进行干扰，若出现两倍于基波的干扰磁场叫“二次谐波”，三倍者称“三次谐波”，余类推，而影响最大的是三、五、七次的奇次谐波。谐波可使正弦磁场削弱、畸变，导致电动机起动、运行性能变差。正弦绕组能有效消除三次谐波并削减五、七次谐波影响。所以，目前国产的通用新系列单相电动机都采用正弦绕组布线。

一、正弦绕组的结构与类型

（1）正弦绕组的构成　单相正弦绕组的布线形式类似于单双层同心式绕组，不同的是各线圈匝数不等，而且每极线圈的匝数按正弦规律分配，所以它是由节距不等、匝

数不同的线圈组成特殊形式的同心绕组，称正弦绕组。

（2）正弦绕组的安排类型　正弦绕组每极线圈组有两种类型的安排，如图 2-17 所示。

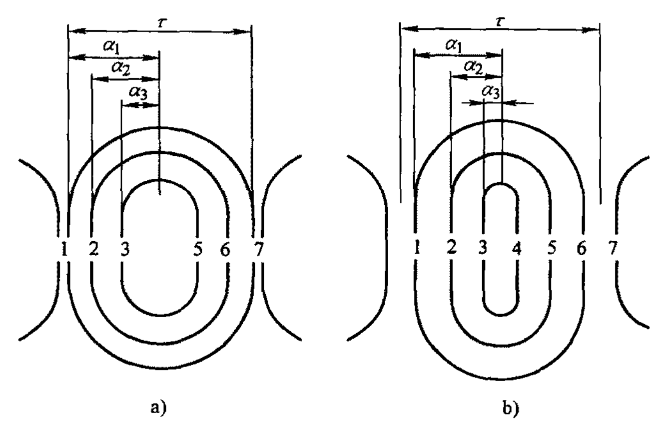


图 2-17　正弦绕组的安排类型

a）A 类安排　b）B 类安排

1）A 类安排　安排如图 a，它的同心线圈组中最大线圈的节距等于极距，各线圈匝数不等而按正弦规律分布，一般是节距越大的匝数越多，但最大线圈是同相双层布线，故其匝数为该槽分配导线数的一半。

2）B 类安排　如图 b 所示，它的同心线圈组中最大线圈的节距小于极距 1 槽，故同相相邻两组线圈不重叠，各线圈也按正弦规律分布，节距越大则匝数也多。

（3）正弦绕组的线圈布线型式和分布方案　正弦绕组的主、副绕组一般不按 1:1 或 2:1的比例分配槽数，而且也不一定每槽都嵌入主、副线圈边。因此有两种布线形式。

1）满圈分布　它的每极线圈数等于每极槽数（即 $S_p = Z/4p$），绕组构成类似同心线圈的双层绕组，这时正弦绕组安排的线圈数最多，称满圈正弦绕组。它使电动机气隙磁场获得较完整的正弦分布，从而改善单相电动机的起动和运行性能，但绕组系数较低。

2）缺圈分布　它的每极线圈数小于每极槽数（即 $S_p < Z/4p$），绕组构成类似于同心线圈的单双层结构，称缺圈正弦绕组。通常所缺的是小节距线圈，具体每组由几个线圈组成则根据选用的正弦方案确定。缺圈分布的正弦效果逊于满圈，但缺圈越多则绕组系数越高，又反使线圈的线匝更有效地发挥其电磁效能。

二、正弦布线方案及表示方法

1. 正弦绕组布线方案

正弦绕组各线圈分布实质是按余弦规律分配匝数的，但其称法已成习惯。通常采用计算方法求取，由于计算较繁，目前已制成表格，可根据每极槽数方便地选用。表 2-1 是正弦绕组布线的分布方案。

表 2-1　正弦绕组分布方案

方案序号	每极槽数	安排类型	每极每槽导体数百分比(%) 槽号 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	平均节距 y_p	基波绕组系数 K_{dp1}
1	3	2A	50	50	50	50																2	0.75
2	4	2A	41.4	58.6		58.6	41.4															2.83	0.828
3	6	2B	57.7	42.3			42.3	57.7														4.15	0.856
4	6	3B	50	36.6	13.4	13.4	36.0	50														3.73	0.776
5	6	2A	36.6	63.4				63.4	36.6													4.73	0.915
6	6	3A	26.8	46.4	26.8		26.8	46.4	26.8													4	0.804
7	8	2B	54.2	45.8					45.8	54.2												6.08	0.912
8	8	3B	41.1	35.1	23.8			23.8	35.1	41.1												5.36	0.827
9	8	2A	35.2	64.8						64.8	35.2											6.7	0.95
10	8	3A	23.5	43.4	33.1				33.1	43.4	23.5											5.81	0.87
11	8	4A	19.9	36.8	28	15.3		15.3	28	36.8	19.9											5.23	0.796
12	9	2A	34.7	65.3							65.3	34.7										7.69	0.96
13	9	3A	22.7	42.6	34.7					34.7	42.6	22.7										6.76	0.893
14	9	4A	18.5	34.7	28.3	18.5			18.5	28.3	34.7	18.5										6.06	0.82
15	9	2B	52.2	47.8						47.8	52.2											7.05	0.928
16	9	3B	39.5	34.8	25.7				25.7	34.8	39.5											6.28	0.856
17	9	4B	34.6	30.6	22.7	12.1		12.1	22.7	30.6	34.6											5.75	0.793

（续）

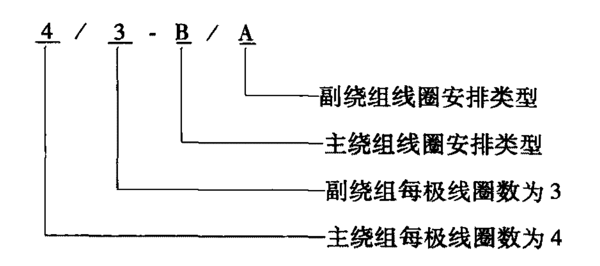
方案序号	每极槽数	安排类型	每极每槽导体数百分比(%)																			平均节距 y_p	基波绕组系数 K_{dp1}
			槽号																				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
18	12	2B	51.8	48.2									48.2	51.8								10.04	0.959
19		3B	36.6	34.1	29.3							29.3	34.1	36.6								9.15	0.91
20		4B	29.9	27.8	24	18.3					18.3	24	27.8	29.9								8.39	0.855
21		5B	26.8	25	21.4	16.5	10.3			10.3	16.5	21.4	25	26.8								7.83	0.806
22		6B	25.9	24.1	20.7	15.9	10	3.4	3.4	10	15.9	20.7	24.1	25.9								7.59	0.783
23		2A	34.1	65.9										65.9	34.1							10.68	0.978
24		3A	21.4	41.4	37.2								37.2	41.4	21.4							9.68	0.936
25		4A	16.4	31.8	28.5	23.3						23.3	28.5	31.8	16.4							8.83	0.883
26		5A	14.1	27.3	24.5	20	14.1				14.1	20	24.5	27.3	14.1							8.15	0.829
27		6A	13.2	25.4	22.8	18.6	13.2	6.8		6.8	13.2	18.6	22.8	25.4	13.2							7.73	0.79
28	16	3B	35.1	33.8	31.1											31.1	33.8	35.1				13.08	0.947
29		4B	27.6	26.5	24.5	21.4									21.4	24.5	26.5	27.6				12.21	0.91
30		5B	23.5	22.6	20.8	18.2	14.9							14.9	18.2	20.8	22.6	23.5				11.43	0.869
31		6B	21.1	20.4	18.7	16.4	13.4	10					10	13.4	16.4	18.7	20.4	21.1				10.79	0.829
32		7B	19.9	19.2	17.6	15.4	12.7	9.4	5.8			5.8	9.4	12.7	15.4	17.6	19.2	19.9				10.34	0.798
33		3A	20.8	40.8	38.4												38.4	40.8	20.8			13.65	0.963

（续）

方案序号	每极槽数	安排类型	每极每槽导体数百分比(%) 槽号 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	平均节距 y_p	基波绕组系数 K_{dp1}
34	16	4A	15.5	30.3	28.5	25.7										25.7	28.5	30.3	15.5			12.71	0.929
35	16	5A	12.7	24.9	23.4	21.1	17.9								17.9	21.1	23.4	24.9	12.7			11.87	0.889
36	16	6A	11.1	21.8	20.5	18.5	15.7	12.4						12.4	15.7	18.5	20.5	21.8	11.1			11.14	0.848
37	16	7A	10.3	20	18.9	17.2	14.4	11.3	7.9				7.9	11.3	14.4	17.2	18.9	20	10.3			10.58	0.812
38	18	4B	27	26.2	24.6	22.2											22.2	24.6	26.2	27		14.16	0.927
39	18	5B	22.7	22	20.6	18.6	16.1									16.1	18.6	20.6	22	22.7		13.36	0.892
40	18	6B	20.1	19.5	18.2	16.5	14.2	11.5							11.5	14.2	16.5	18.2	19.5	20.1		12.61	0.855
41	18	7B	18.5	17.9	16.8	15.2	13.2	10.6	7.8					7.8	10.6	13.2	15.2	16.8	17.9	18.5		12.01	0.821
42	18	8B	17.6	17.1	16	14.5	12.5	10.2	7.5	4.6			4.6	7.5	10.2	12.5	14.5	16	17.1	17.6		11.58	0.795
43	18	4A	15.2	29.9	28.6	26.3												26.3	28.6	29.9	15.2	14.68	0.943
44	18	5A	12.3	24.3	23.2	21.3	18.9										18.9	21.3	23.2	24.3	12.3	13.8	0.91
45	18	6A	10.6	20.9	20	18.4	16.4	13.7								13.7	16.4	18.4	20	20.9	10.6	13	0.873
46	18	7A	9.6	18.9	18.1	16.7	14.7	12.4	9.6						9.6	12.4	14.7	16.7	18.1	18.9	9.6	12.38	0.837
47	18	8A	9	17.8	17	15.7	13.8	11.6	9	6.1				6.1	9	11.6	13.8	15.7	17	17.8	9	11.83	0.806

2. 正弦绕组的表示方法

为了区别正弦绕组不同的线圈安排和分布型式，它的分布方案用如下方法表示：



如果主、副绕组均采用相同的安排类型，如同是A类时，则表示方法为：4/3—A，余类推。

但是，无论A或B类，都可以根据不同的槽导体分配情况简化成多种方案。例如，表2-1中，每极槽数为6时有4种方案可供选择。一般来说，在同类型中，每极线圈所占槽数越多，绕组系数越小，谐波强度也越小，使气隙磁势波形接近于正弦形，就此而言，则方案4、6比方案3、5好。但是，削弱谐波磁势所付出的代价是电磁线用量的增加。此外，简化后的方案可使绕组系数提高的同时将线圈制作和绕组接线简化。对线圈所占槽数相等的不同类型绕组，则A类的绕组系数稍高于B类，且削减谐波的效果更好，但用料则有增加。所以，实际选用时需根据具体要求确定。通常，对电容电动机的主、副绕组多选用相同的分布方案；分相电动机的主绕组是长期运行的，故多选每极线圈占槽较多的方案，而副绕组不参与工作，宜用简化方案。此外，当核算槽满率不理想时，可调整方案重算，直至取得满意效果为止。

实例 某分相电动机，定子槽数 $Q_1=24$、$2p=4$，主绕组每极224匝，线径 $\phi0.53$mm；副绕组每极124匝，线径 $\phi0.33$mm。

每极槽数
$$Q_p=\frac{Q_1}{2p}=\frac{24}{4}=6(\text{槽})$$

查表2-1有4种方案，为使气隙磁势获得较理想状态，主绕组选用方案6；副绕组选用方案5，将副绕组错开90°空间排列，得绕组分布型式如下（参见图2-18）：

主绕组各线圈匝数为：

$$N_{1-7}=224\times26.8\%=60\text{ 匝}$$
$$N_{2-6}=224\times46.4\%=104\text{ 匝}$$
$$N_{3-5}=224\times26.8\%=60\text{ 匝}$$

副绕组线圈匝数为：

$$N_{4-10}=N_{1-7}=124\times36.6\%=45\text{ 匝}$$
$$N_{5-9}=N_{2-6}=124\times63.4\%=79\text{ 匝}$$

然后，根据各槽实际导体数及线径进行槽满率验算，以确定所选方案的可行性。

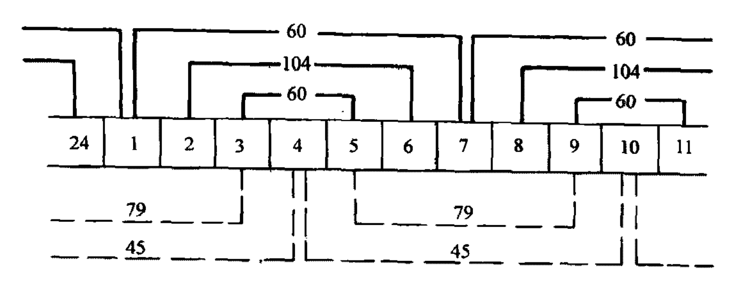


图 2-18 正弦绕组布线方案实例
（$Q_1=24$，$2p=4$，3/2 型）

三、单相通用新系列电动机绕组布接线

单相新系列主要包括 BO2、CO2、DO2 系列，电机采用两套单层正弦绕组构成，俗称分相电动机。两个绕组的安排要求要在空间上相差90°电角度，但嵌线则把主绕组安排在槽的下层，使之运行时的漏抗较小而性能较好；副绕组则安排在槽的上层，以利于提高起动转矩，也便于局部检修。新系列电动机引出线4根，外部接线如图2-19所示。

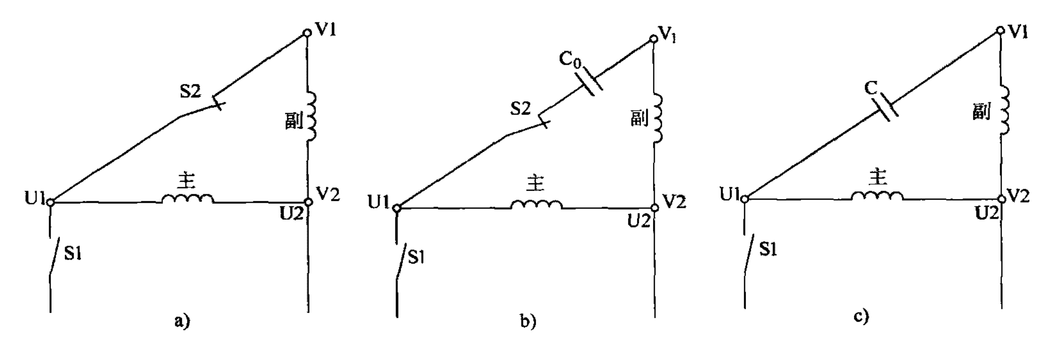


图 2-19 单相电动机接线电路
a）电阻（阻抗）起动 b）电容起动 c）电容运转

（1）新系列电动机 A 类安排的绕组布接线

1）单相12槽2极3/3—A 正弦绕组 绕组布接线如图2-20所示。主、副绕组采用相同的 A 类安排，正弦绕组分布选自表2-1方案6，每极3圈，同相最大线圈有效边为双层布线。由图可见，全部槽为双层结构，故属满圈正弦布线。绕组具有高占槽率，能充分发挥铁心的有效利用率；同时，满圈 A 类能有效消除3、5、7次谐波影响，故电气性能较好，最宜用于运行型电动机。但绕组系数偏低，线圈多而使嵌绕工艺耗费工时。

主、副绕组同属显极式布绕，接线是用反接串联，使同相相邻极性相反。此规格正弦绕组应用很少，在新系列中只见用于 DO2—5022 的电容运转电动机。

2）单相24槽4极3/2—A 正弦绕组 本绕组是24槽4极，绕组布接线如图2-21所

示。主、副绕组虽然同用 A 类安排，但布线不同，即主绕组每极 3 圈，选自表 2-1 的方案 6，属满圈占槽，使之有效削减谐波影响，以获得较完整的气隙正弦磁势；副绕组属缺圈安排，每极少 1 圈，选自方案 5。主、副绕组均属显极布线，即同相相邻组间反极性连接。此绕组的电气性能是主优于副，比较适用于起动型。在新系列中应用于 CO2—8014 电容起动电动机。

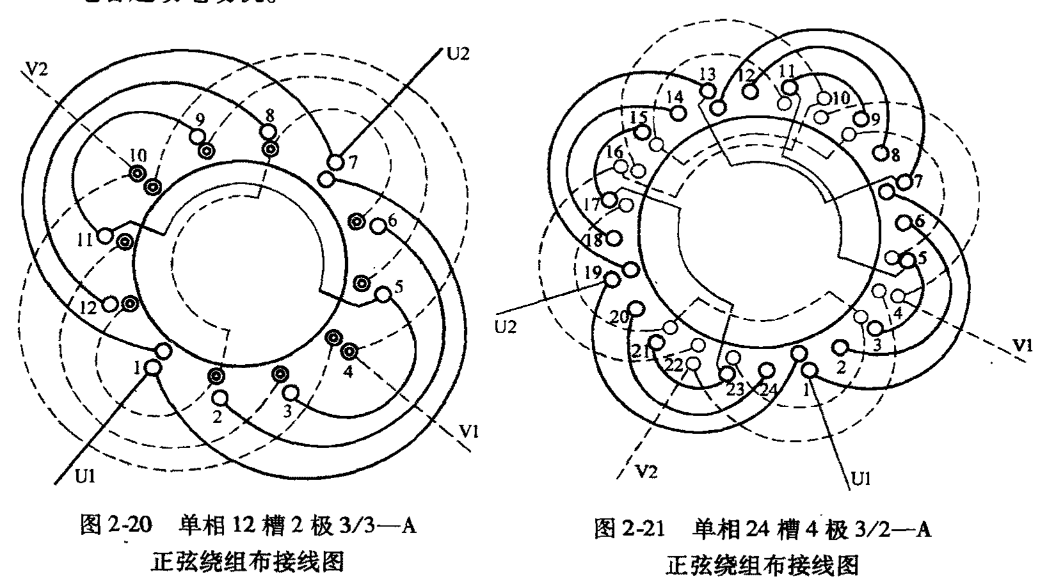


图 2-20　单相 12 槽 2 极 3/3—A 正弦绕组布接线图

图 2-21　单相 24 槽 4 极 3/2—A 正弦绕组布接线图

3）单相 24 槽 4 极 3/3—A 正弦绕组　24 槽 4 极 3/3—A 正弦绕组布接线如图 2-22 所示。由于每极槽数较少，在每极圈数条件下获得较好的正弦效果，绕组选择满圈正弦，故主、副绕组均采用表 2-1 的方案 6，即每极 3 圈的 A 类安排，最大线圈节距等于极距，使该槽两线圈有效边分置于上下层。此布线方案能消除高次谐波，电气性能较好。它适用于运行型，也可用于起动型，是单相电动机产品中应用最多的绕组型式之一。绕组是显极布线，连接时使同相相邻线圈组反极性。在新系列中有 BO2—8024 电阻起动电动机及 DO2—7124 电容运转电动机选用此绕组型式。

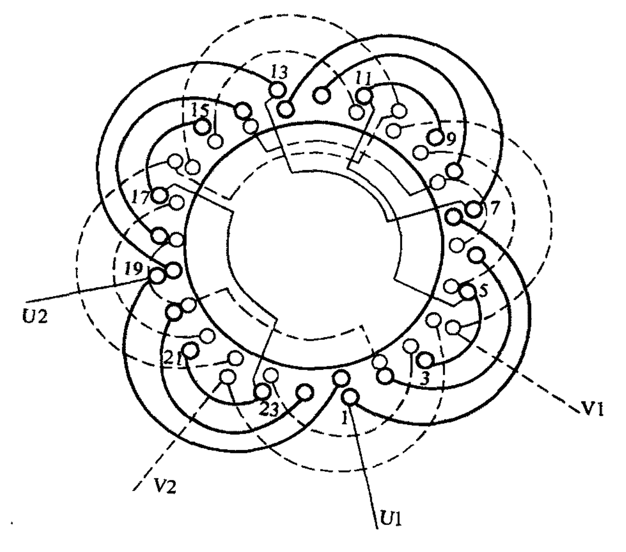


图 2-22　单相 24 槽 4 极 3/3—A 正弦绕组布接线图

（2）新系列电动机 B 类安排的绕组布接线

1）单相12槽2极3/3—B 正弦绕组　主、副绕组同选表2-1 的方案4，即采用相同的3B布线，如图 2-23 所示。每相有两组线圈，每组由 3 只同心线圈组成，最大节距小于极距一槽，由图可见，所有槽内均置有上下层每层有效边而呈双层结构，故属 B 类满圈正弦布线。绕组槽满率较高，而且没有同相槽内交叠，故嵌线不用吊边。但绕组系数稍低于 A 类布线。绕组嵌线工艺性较好，可分上下层进行，先嵌主绕组后嵌副绕组，完成后构成完整的双平面结构。

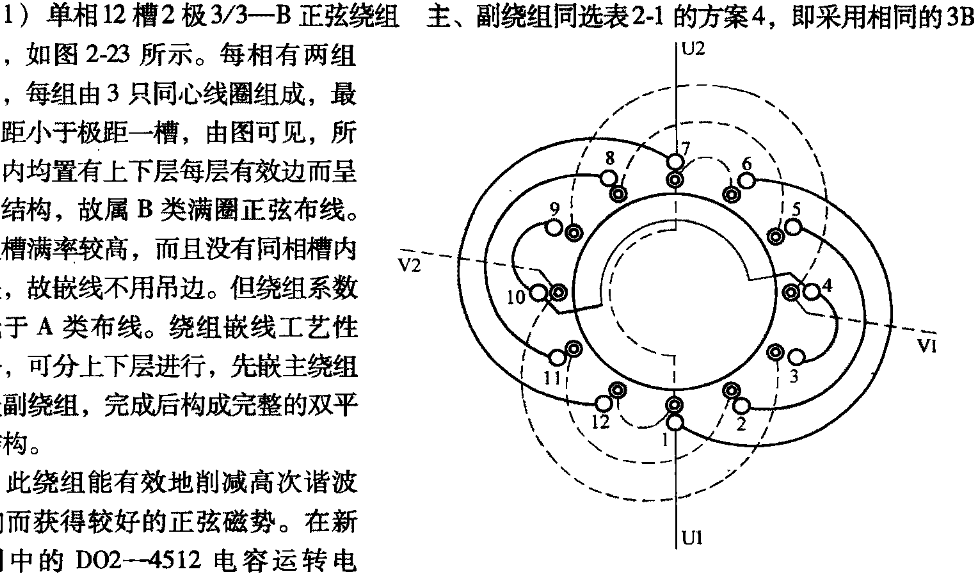


图 2-23　单相 12 槽 2 极 3/3—B 正弦绕组布接线图

此绕组能有效地削减高次谐波影响而获得较好的正弦磁势。在新系列中的 DO2—4512 电容运转电动机应用该型式布线。

2）单相24 槽2 极 5/5—B 正弦绕组　本绕组选自表 2-1 方案 21，主、副绕组均舍去一只小节距线圈，在同相绕组中没有同槽的有效边，最大线圈为单层，而使绕组呈单双层结构，故属缺圈 B 类布线方案，绕组布接线如图 2-24。此绕组能较好地削减3、5、7 次谐波影响。绕组为显极式，同相相邻反极性串接。

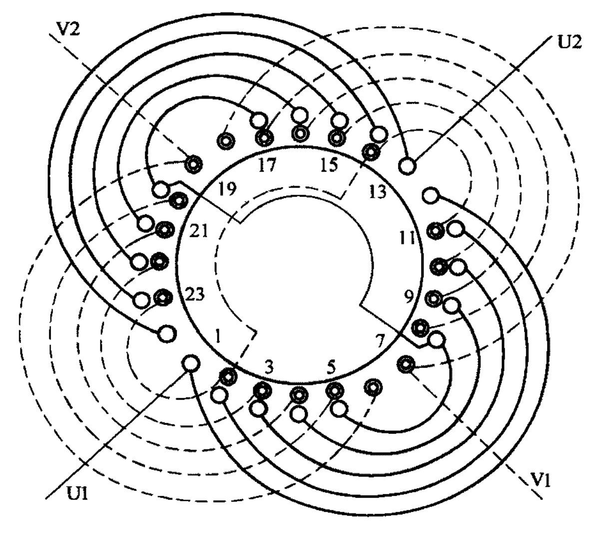


图 2-24　单相 24 槽 2 极 5/5—B 正弦绕组布接线图

本绕组适用于运行型和起动型电动机，但实际应用极少，仅见于 CO—7122 电容起动电动机。

3）单相24 槽2 极 6/4—B 正弦绕组　主、副绕组均系 B 类安排，但采用不同布线方案，其中主绕组选表2-1 方案 22，每极由 6 只同心线圈组成，最小线圈节距仅为 1 槽，属 B 类满圈布线；副绕组选自方案20，每极缺2 圈安排，正弦绕组布接线如图 2-25。主绕组在气隙能形成较完整的正弦磁势，运行性能较好；副绕组则线圈少，每极仅 4 圈，较适用于起动型电动机。新系列电容分相起动电动机多有应用，实例如 CO2—90S2 等。

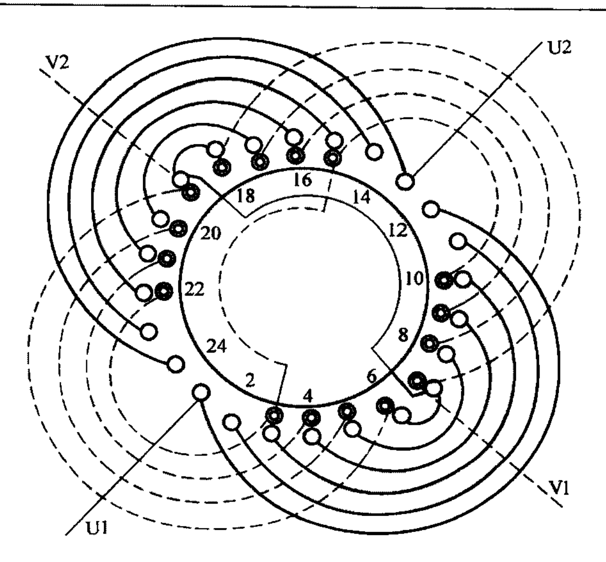


图 2-25 单相 24 槽 2 极 6/4—B 正弦绕组布接线图

4）单相 24 槽 2 极 6/6—B 正弦绕组 24 槽 2 极用 B 类布线，每极最多可安排 6 只线圈，从而使主、副绕组分置于上、下两层。图 2-26 就是根据表 2-1 方案 22 构成的满圈正弦绕组。此绕组总线圈数多，而且每组都有节距为 1 的小线圈，使嵌绕相对有难度；再者，每极线圈分布广也使绕组系数降低，但它对 3、5、7 次谐波消除的效果最佳。所以无论运行型或起动型的电动机都乐于选用。此型式是新系列电动机应用最多的，主要如 DO2—7112 电容运转分相电动机和 BO2—7122 电阻分相起动电动机等。

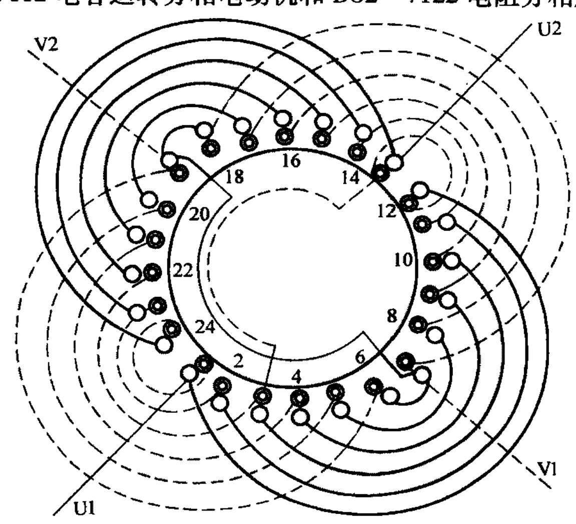


图 2-26 单相 24 槽 2 极 6/6—B 正弦绕组布接线图

（3）新系列电动机 A、B 类安排的绕组布接线 A、B 类安排是指主、副绕组采用不同类型安排的布线型式。

1）单相12槽4极2/1—A/B正弦绕组本例布接线如图2-27，是A/B类混合的正弦绕组。主绕组用A类安排，每极由2只同心线圈组成，布线选自表2-1方案1；副绕组则采用B类安排，因每极只能安排一只线圈，故又呈单链型式。所以本绕组属不完整的正弦绕组，采用显极接线。因槽数太少，绕制4极时正弦绕组难以形成完整的正弦波气隙磁势，故存在较大的高次谐波，电磁性能较差；但线圈少，节距短则利于小铁心嵌线，故仅用于很小功率的电动机。实际应用有DO2—4514等电容运转电动机。

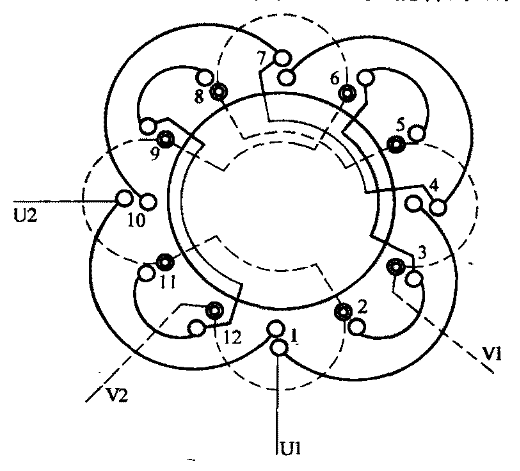


图2-27　单相12槽4极2/1—A/B正弦绕组布接线图

2）单相36槽4极4/3—B/A正弦绕组　主、副绕组采用不同的正弦方案布线，主绕组选自表2-1方案17是4B布线，即每极由4只同心线圈组成，最大线圈节距小于极距，呈单层布线；副绕组选自方案13为3A布线，即每极缺2圈，如图2-28所示。

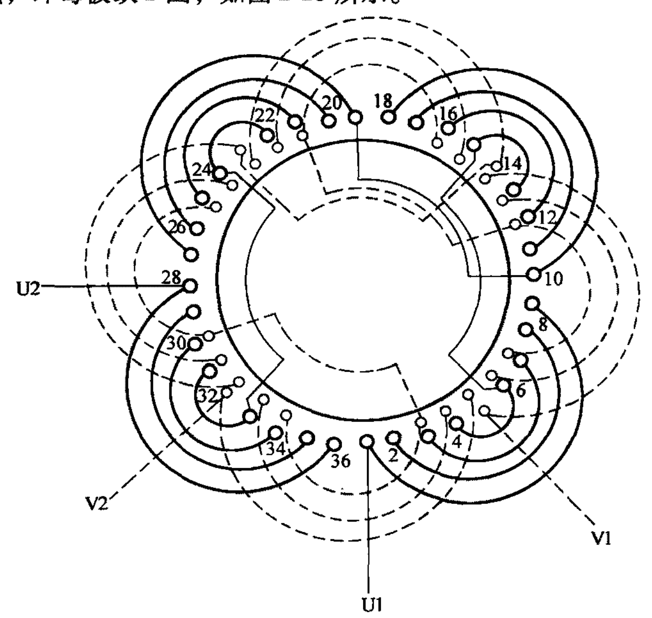


图2-28　单相36槽4极4/3—B/A正弦绕组布接线图

由于主绕组安排满圈，可基本消除3、5、7次谐波影响；但副绕组电气性能则较差，故宜用于起动型电动机。绕组为显极布线，同相相邻线圈组为反极性连接。此绕组实际应用于CO2—90L4等功率较大的电容分相起动电动机。

第三节　吊扇电动机绕组

吊扇是风扇的特殊形式，它悬吊在房顶，除用于家庭外，还用在会场、车间、办公室等较大面积的场所散热之用。它的规格有900、1050、1200、1400、1500mm几种，电动机主要选用电容分相运转电动机，仍有少量用罩极式电动机的老式产品。

一、电容式吊扇电动机

它从起动到运转能自动完成而无需控制，故目前的产品都采用电容运转电动机作吊扇的动力。由于吊扇要求运行稳定且速度不宜太快，通常设计成14、16、18、20、24极的转速规格，而选用定子槽数为4的倍数，如24、32、36、40、48槽等。另外，为便于外缘风叶装配，常制成外转子结构。电动机绕组有三种型式：

（1）吊扇用双链绕组　它是每极一圈的双层链式绕组，图2-29是吊扇用绕组的典型示例。绕组是双层结构，线圈数等于槽数，属显极布线，故同相相邻线圈（组）是反极性串联。该型绕组线圈多且用交叠法嵌线，故其工艺性较差；上下层需增绝缘层，致槽满率也低，多见用于早期产品，目前应用已逐渐淡出。

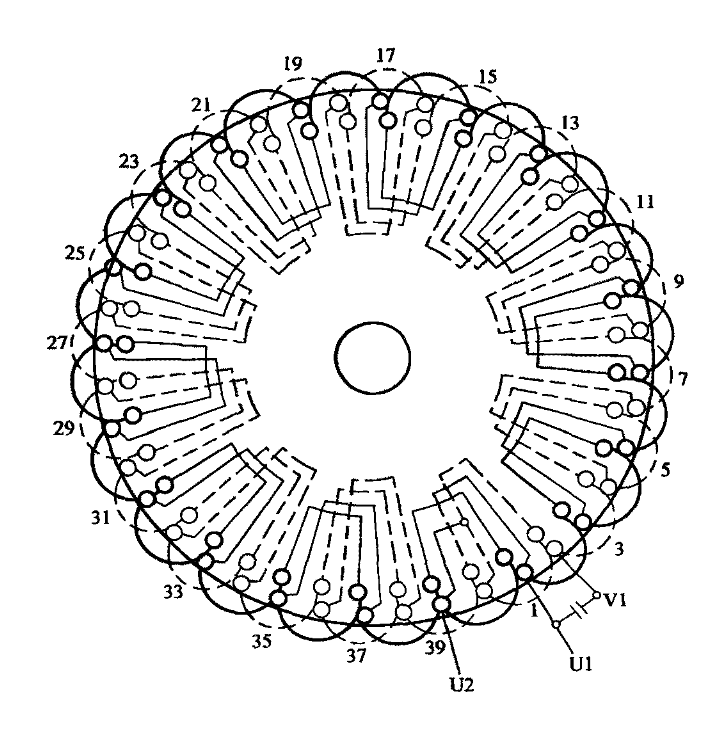


图2-29　单相40槽20极电容式吊扇双链绕组

（2）吊扇用单链绕组　这是采用庶极式布线的单层绕组，布接线如图2-30所示。

每组只有一只线圈，20 极则由 10 只线圈顺接串联而成。绕组便于采用连绕连嵌工艺，省却组间接线。是目前电容式吊扇主要应用的绕组型式。

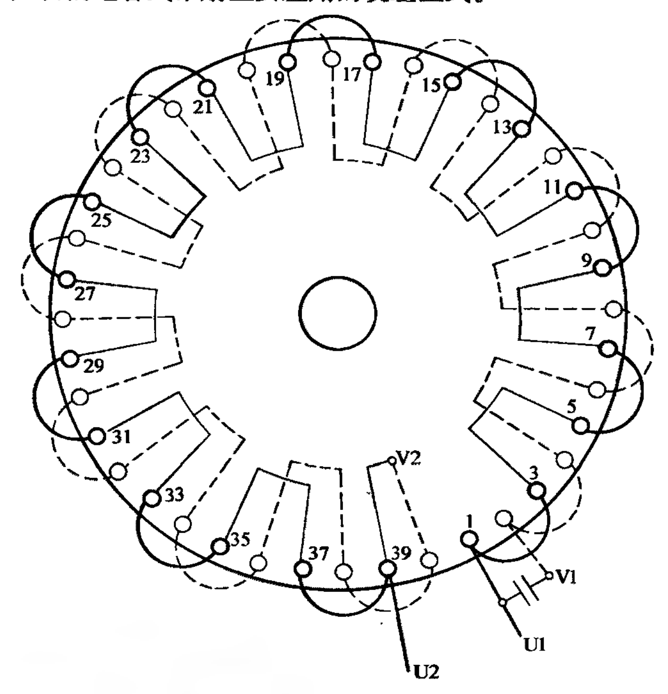


图 2-30　单相 40 槽 20 极电容式吊扇单链绕组

（3）吊扇用深槽式绕组　深槽式绕组的内定子铁心上有两层槽，如图 2-31 所示。内外层槽位间隔排列，即内层的狭长槽口在外层两槽之间，并深入到内层槽，故称深槽式。外层嵌入主绕组，布线可用显极式或庶极式，本例是庶极布线，用 7 只线圈形成 14 极；副绕组安排在内层槽，由于嵌线困难，一般都用庶极布线。因是庶极绕组，要求全部线圈（组）的极性相同，故是同相相邻线圈（组）顺接串联，即“尾与头”相接。此式绕组具有较好的起动性能和运行性能；但副绕组嵌线要经过狭长的槽口深入到内层槽，嵌线极其困难，工艺性差，故实际应用不多。

二、罩极式吊扇电动机

吊扇用罩极电动机的早期产品是内转子式，风扇叶柄装在转子下部；但后期产品则改为外转子式。定子铁心为凸极型式，常用极数有 12、14、18、20、24 等五种。定子布线有两种型式：

（1）显极式布线　罩极式吊扇用多极式定子，凸极形状如图 2-32 所示，在凸出磁极的 1/3～1/2 处开一裂槽，镶入移相起动绕组，俗称短路环；主绕组是集中式线圈，它连同短路环一起套在凸极上。主绕组线圈数等于凸极数，相邻线圈之间的极性相反，故其接线是“尾与尾”或“头与头”相接，如图 2-32b 所示。

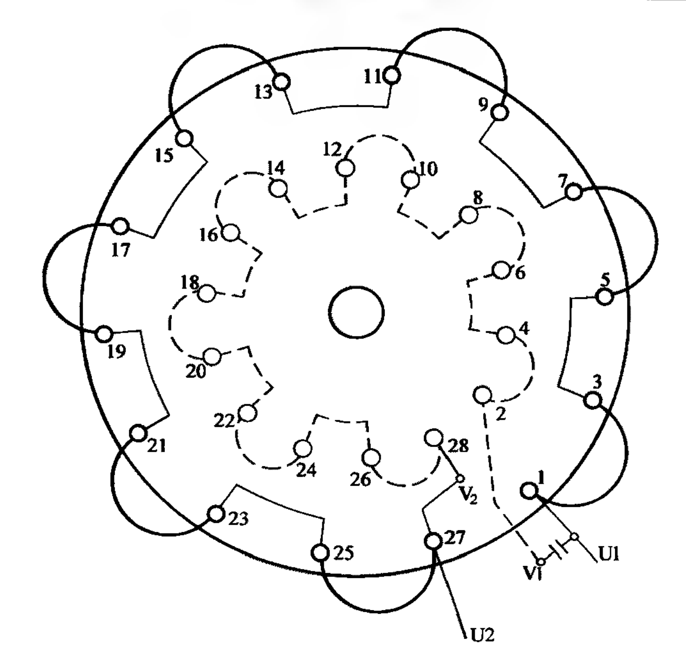


图 2-31　单相 28 槽 14 极（电容式）吊扇用深槽式绕组

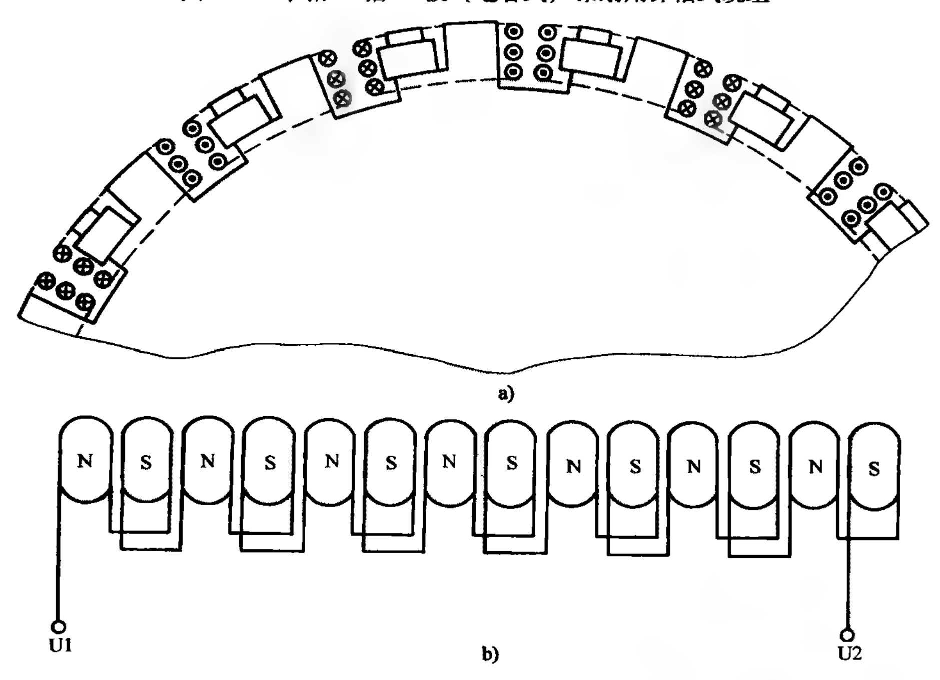


图 2-32　罩极式吊扇电动机绕组

a）罩极式吊扇显极绕组布线　b）14 极吊扇电动机显极绕组接线

（2）庶极式布线　罩极式吊扇也有用庶极式布线，这时每只线圈的匝数比显极多一倍，但线圈数则是凸极数的一半，即每隔一极套一只线圈，如图2-33所示。绕组接线是相邻线圈顺接串联，从而使7只线圈形成14极如图b所示。

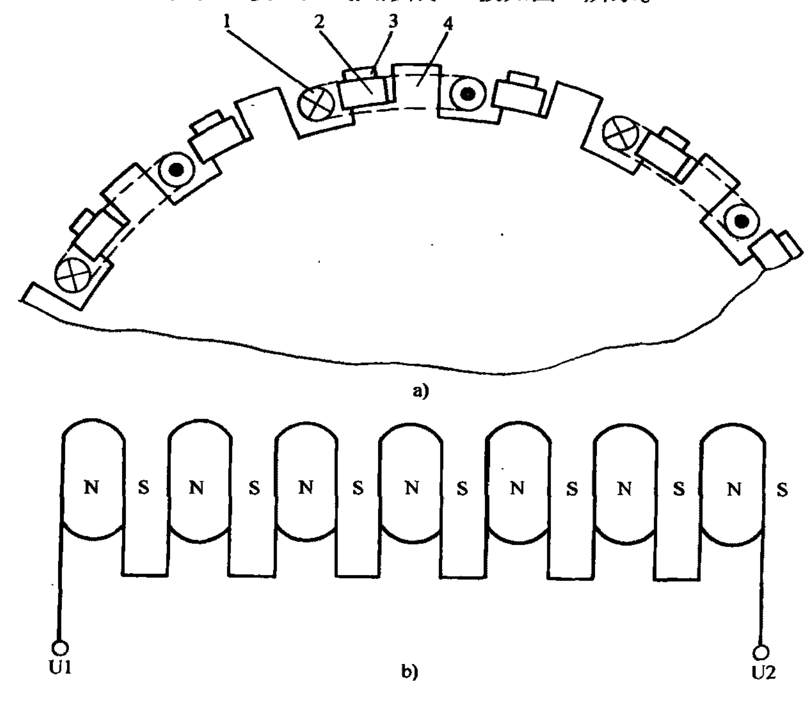


图2-33　罩极式吊扇电动机绕组
a）罩极式吊扇的隐极式布线（局部）　b）14极吊扇电动机隐极绕组接线
1—隐极线圈　2—罩极线圈　3—磁极被罩部分　4—磁极未罩部分

第四节　电风扇及抽头调速电动机绕组

一、电风扇结构及电动机的特点

目前家用电风扇的种类、牌号繁多，并趋向新造型、多功能发展。按主要结构及使用特征粗分为台扇、换气扇、鸿运扇及吊扇等几种。

电风扇电动机通常制成防护式、封闭式。常见台扇以风叶边端部旋转时所形成圆周的直径分为200～400mm五种规格，是电风扇家族中问世最早使用最多的一种。台扇电动机属专用电动机。它的外壳、端盖、定子、双轴伸长转轴转子、轴承等结构均有别于一般单相电机。

壁扇、顶扇、落地扇及座地扇属台扇的派生产品，仅安装使用场合不同。其电动机与台扇通用，一般与台扇具有相同功能，只是支承方式差异。顶扇则另具轴向垂直面

360°摇摆功能；落地扇可调节高低和地面移动。

换气扇又称排气扇，其型式有开敞式、自启百页窗式和轴流式等。它的电动机多制成单轴伸封闭式。高级换气扇还具有调速、双向旋转或转摆角度等功能。

脱排油烟机本属换气扇品种，电动机常采用换气扇电动机，只是风叶造型不同。

鸿运扇又称转页扇，由箱式风扇改进而成，属前些年崛起的一种新颖结构的电扇新系列品种。它的造型独特，装饰性强，吹风柔和；它的摇摆功能以转盘结构代替，风叶则一反常规装在电动机后面，有利电机散热冷却。转盘的旋转是靠高速气流通过转盘上许多不同角度的斜页片产生推力，以及转盘轴心摩擦离合可调装置达到慢转速；也有采用一只小永磁同步电动机经减速的摩擦轮与大转盘接触，使之慢速旋转。转盘可双向变换，并可调控旋转90°、180°、360°循回。

鸿运扇电机也属专用电动机。它采用扁铁心定子、单轴伸转子、封闭式四极单相电动机。驱动转盘的单相永磁同步电动机一般输出功率为3W，电动机为12极，转子采用永久磁钢，转速为500r/min，经二级变速输出为30r/min，再经齿轮传动变速使转盘恒速为4～6r/min。电动机可双向运转。

二、电风扇电动机的绕组及接线

这里所指的电风扇是指家庭及室内纳凉所用的各类电扇，但不包括吊扇和设备专用的风扇。早年的电风扇是用明显凸出的磁极定子的罩极电动机为动力，其结构如罩极式吊扇，只是极数较少，一般是4极，个别也制成2极或6极的。目前，罩极式电扇除博物馆外，恐怕已罕存于世，故不作介绍。现时电风扇几乎全用单相电容分相运转电动机为动力。

电扇用电动机单速绕组的基本型式：

电扇用电动机定子有三种规格，早期产品一直采用8槽定子。

1）8槽双链绕组　图2-34是用8槽定子绕制的4极单速电动机绕组，它属双层链式布线，每极（组）为单圈，同相相邻线圈（组）是反接串联。它是家用电扇类主要采用的典型绕组型式之一；也是改绕抽头调速电动机的基本型式。8槽电扇是双层布线，绕组嵌绕工艺性较差，而且谐波磁场和运行噪声都较大。如果改制抽头调速绕组则嵌绕更显难度和不便，故一般多为单速，如要调速就要外接电抗器。

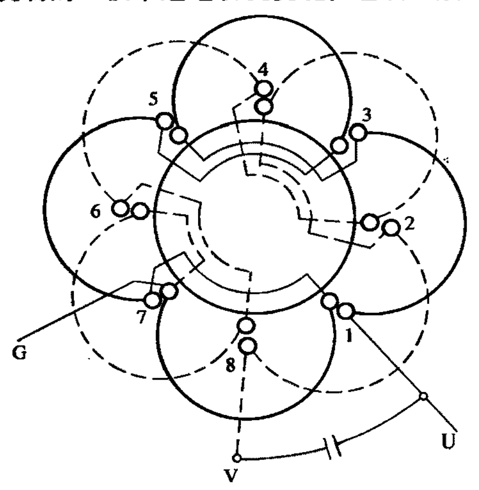


图2-34　电扇用8槽4极双链绕组

2）16槽单链绕组　绕组布接线如图2-35所示。它是电风扇改进调速技术后设计的定子槽数，绕组采用单层布线，使嵌绕工艺有所改善，也便于改绕抽头调速绕组。而本绕组是单速，是抽头调速绕组最常用的基本型式。主、副绕组各由4只单层线圈组成，

同相相邻线圈反极性串联，属显极布线，线圈节距 $y_0=3$，比极距短一槽，嵌线时先嵌主绕组、后嵌副绕组，使其端部形成双平面结构。

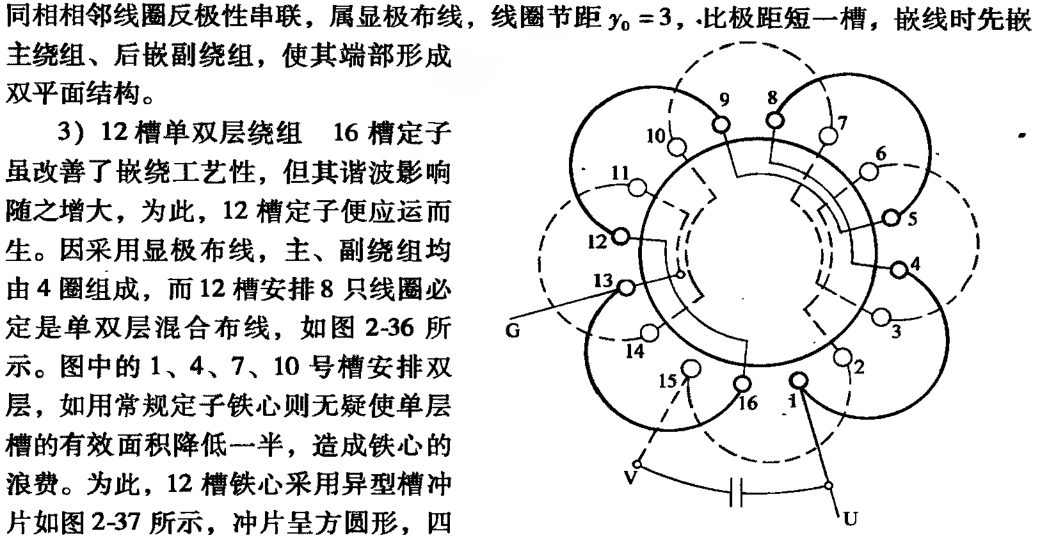


图 2-35　电扇用 16 槽 4 极单链绕组

3）12 槽单双层绕组　16 槽定子虽改善了嵌绕工艺性，但其谐波影响随之增大，为此，12 槽定子便应运而生。因采用显极布线，主、副绕组均由 4 圈组成，而 12 槽安排 8 只线圈必定是单双层混合布线，如图 2-36 所示。图中的 1、4、7、10 号槽安排双层，如用常规定子铁心则无疑使单层槽的有效面积降低一半，造成铁心的浪费。为此，12 槽铁心采用异型槽冲片如图 2-37 所示，冲片呈方圆形，四角上安排槽截面比其它槽大一倍的异形槽嵌入双层边。这样无论是单层或双层槽的槽满率均相等，铁心能得到充分利用。此外，绕组采用短节距布线，不但嵌线方便，用料也省，而且能有效地削弱高次谐波干扰，其运行性能也优于 8 槽定子的电动机，是目前趋于普及使用的绕组型式。

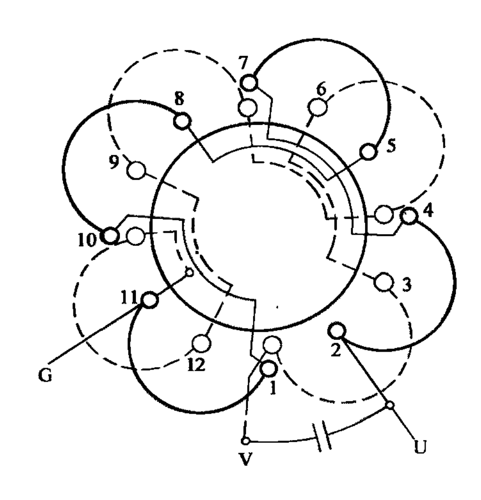


图 2-36　电扇用 12 槽 4 极单双层绕组

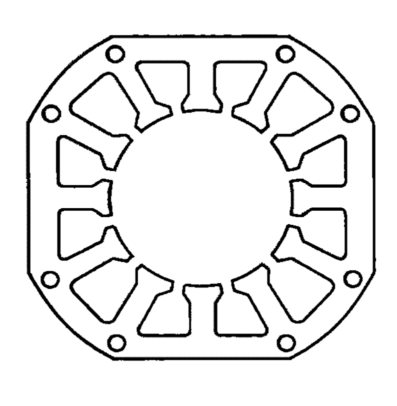


图 2-37　12 槽定子的异形槽冲片

4）单速电扇的接线与控制　单速电风扇的主绕组通过控制开关 S 接入交流 220V 电源；副绕组则串联移相电容器后再并入主绕组。因主、副绕组互差 90°电角，为了形

象地表达，通常都将主、副绕组呈90°画出如图2-38所示。这就是电扇电动机的基本接法，又称“L”型接法。

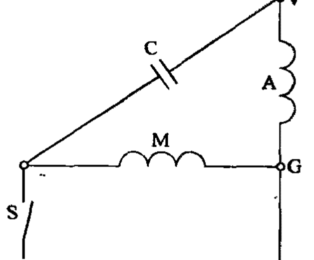


图2-38　单速电扇控制与“L”型接法

三、电风扇外接调速及调速电抗器技术数据

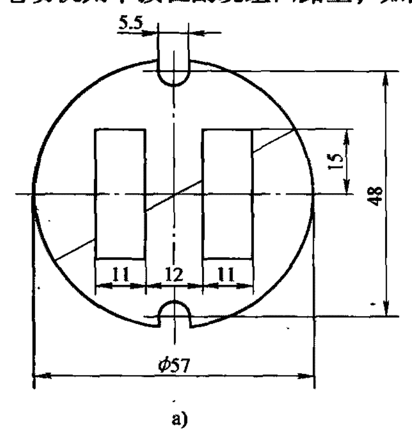
电风扇负载特性是随转速降低而减小，又因电扇用单相异步电动机具有较软的机械特性，即转矩与外施电压的平方成正比。所以电风扇的调速可通过改变电动机绕组的电压来实现，它比其他交流异步电动机调速容易解决。

一般台扇都设计成三档转速。“标准”规定电容式台扇的慢档转速为快档的70%；罩极式台扇的慢档转速为快档的80%。对中档转速没有具体规定，只要求与快、慢档有较明显的区别即可。吊扇则常分五挡或七挡转速。

电风扇调速有五种方法：

（1）电抗器调速　电抗器调速是将电抗器线圈串入电动机绕组，使绕组的工作电压降低，输出功率也随之下降，遂使电动机转速降低，达到调节电扇风量的目的。

电抗器由硅钢片铁心、线圈及框架组成。常用的冲片有方形（E形）和圆形（O形）两种型式，如图2-39所示。电抗器接线一般与罩极式电扇电动机绕组串联；电容式电扇电动机则串接在副绕组回路上，如图2-40所示。



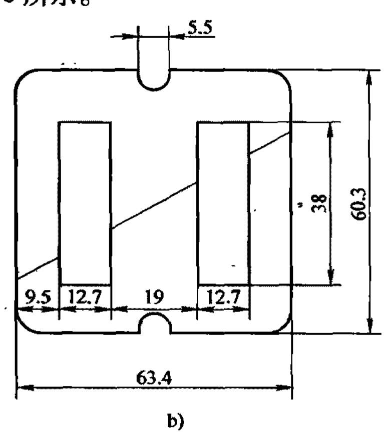


图2-39　电风扇调速用电抗器铁心冲片

a）O形　b）E形

调速电抗器的规格、接线方式很多，分台扇、吊扇用；分电容式、罩极式电扇用；也有带指示灯和不带指示灯区别。一般习惯上电扇的第“1”档为高速档，依档序逐级降速，最后档即最低速档或微风档。常见的几种电抗器绕组接线图以及它的铁心、绕组数据可参见附录附表22。

（2）自耦变压器调速　自耦变压器调速原理与电抗器基本相同，它比电抗器所耗用的材料较多，但起动性能有较大的改善。它的接线有三种方式，如图2-41所示。图a

的特点是只改变主绕组工作电压；图 b 是主绕组回路的工作电压在不同转速时变化较大；图 c 接法可使主、副绕组回路电压始终相同。

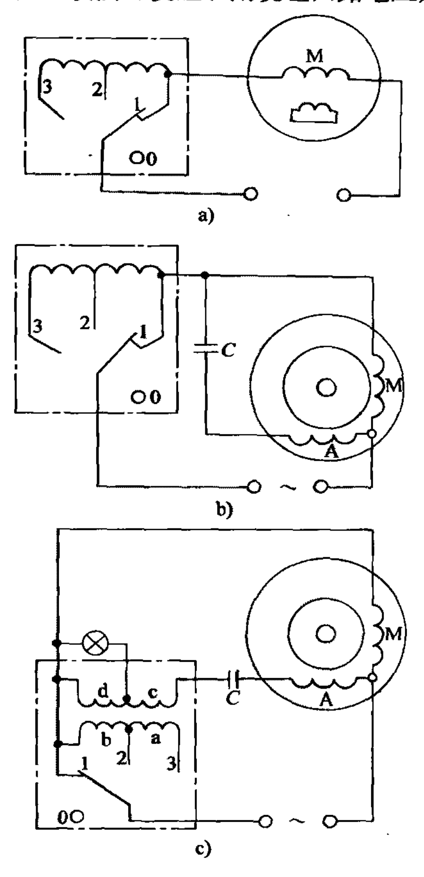


图 2-40　电风扇电动机的电抗器调速接线
a）罩极式电扇接线　b）电容式电扇接线
c）电容式电扇有指示灯接线
0—停止挡　1—高速挡　2—中速挡　3—低速挡
C—电容器　M—主绕组　A—副绕组

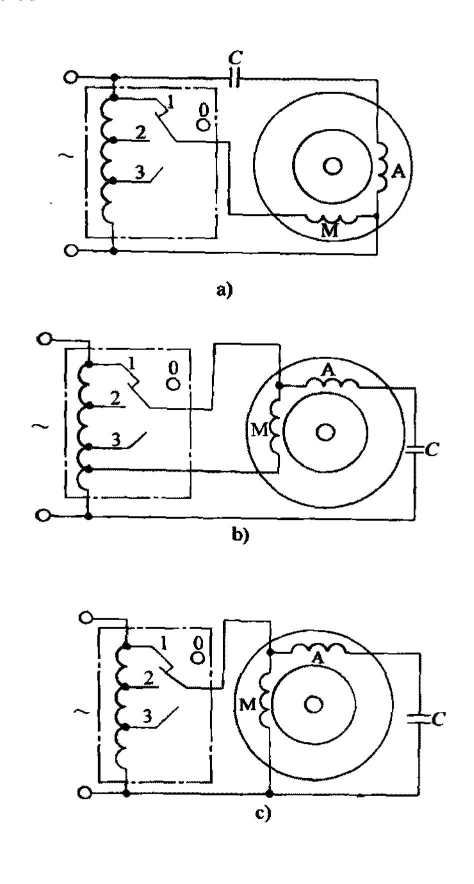


图 2-41　电扇自耦变压器调速接线
M—主绕组　A—辅绕组

（3）电容器调速　电容器调速是将不同容量的电容器与电扇电动机串联，使回路感抗与容抗的差值变化，使工作电流改变达到调速的目的。电扇电容器调速接线如图 2-42 所示。

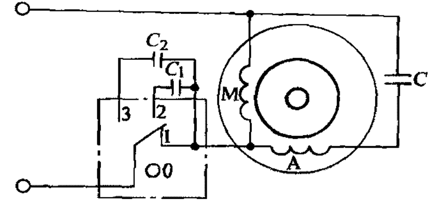


图 2-42　电扇电容器调速接线

四、电风扇用抽头调速电动机绕组与布接线型式

在电扇电动机主、副绕组 L 型接法的基础上增加第三个绕组用以调速，称为调速绕组，

因其在调速过程中常变换于主、副绕组之间，所以又称中间绕组。但随着调速接法的发展，有的调速接在 L 型外进行，所以称调速绕组更为贴切。

图 2-43 是最典型的接法，如图所见，主、副绕组呈 L 型安排，但在副绕组（A）回路中安排一套调速绕组（T），因与副绕组同相（安排同槽），故定为“2”型。根据主、副、调绕组的布线和接法，调速绕组布接线型式还有很多，如 L-1、L-2、L-1/2、L-1W、T-1N、T-2N、T-1W、T-2W、ϕ-1、ϕ-2、h-2、T/L-2 等。此外，根据抽头调速电动机三个绕组的布线和接线情况，可用如下型式表示：

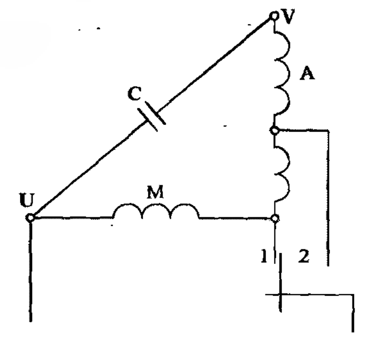
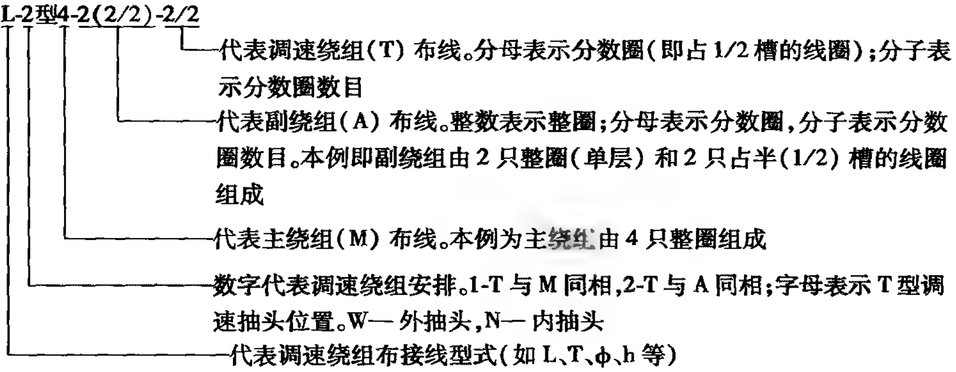


图 2-43 L-2 型双速绕组控制接线图



风扇调速电动机型式很多，下面仅择其中工艺性及调速效果都比较好的几例供参考。

（1）8 槽 4 极 L-2 型 4/2-4/3-2/3 双速绕组　由标题就可知，此电机是 8 槽定子，绕制 4 极调速绕组；调速绕组与副绕组同相位（2 型）。主绕组由 4 个占 1/2 槽的线圈组成（4/2）；副绕组是 4 个占 1/3 的线圈组成（4/3）；调速绕组由 2 个占 1/3 槽的线圈组成（2/3）。如图 2-44 所示。主、副绕组均是显极布线，同相相邻反极性串联；调速绕组起端与副绕组尾端相接，因属庶极布线，两线圈的极性必须相同，故是顺接串联，即“尾与头”相接。三个绕组的连接关系

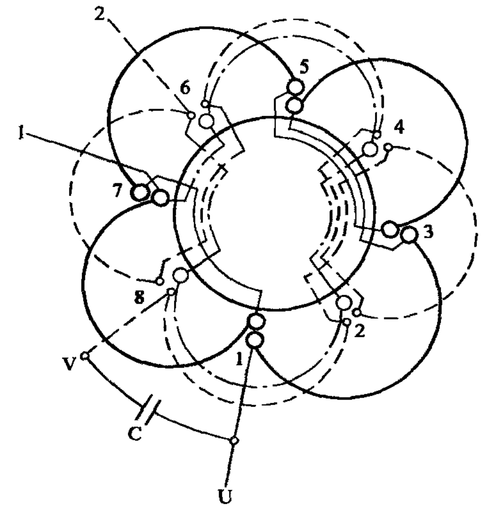


图 2-44 电扇用 8 槽 4 极 L-2 型 4/2-4/3-2/3 双速绕组

与图2-43对应，可对照参考。

用8槽绕制调速电动机多属较早年代产品，本例双速调速绕组槽中有三个层次（即每槽三边）已算是最简练的设计了，若用显极绕组则槽中就再增一层边，如绕三速则层次再多。可见其嵌绕工艺性极差，所以现时已很少采用此种规格绕制三速电动机。

(2) 16槽4极L-2型4-2(2/2)-2/2双速绕组　同样用10只线圈绕制4极双速，16槽定子的布线就清晰利落得多了，它的主绕组4圈是单层（整槽）布线，副绕组由2个整槽圈和2个半槽圈组成；调速绕组则是两个半槽圈，并把它安排在副绕组同槽的对称位置，如图2-45所示。

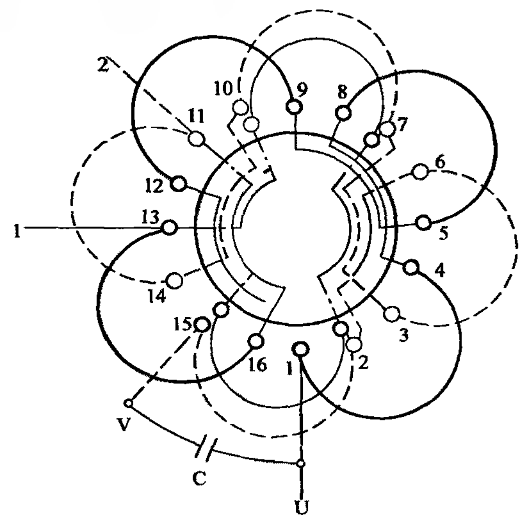


图2-45　电扇用16槽4极L-2型4-2(2/2)-2/2双速绕组

调速绕组的对称安排可保证定子磁场的对称性，故称对称调速。16槽绕组嵌线也比较方便，即先嵌主绕组，垫好绝缘嵌入副绕组，最后再嵌调速绕组。绕组端部层次非常清晰，工艺性良好，局部检修也方便。

(3) 16槽4极L-2型4-4/2-4/2三速绕组　在上例双速绕组的基础上再增加一组调速用的线圈，并安排在副绕组的另两对称线圈同槽，这样就构成三速绕组如图2-46a所

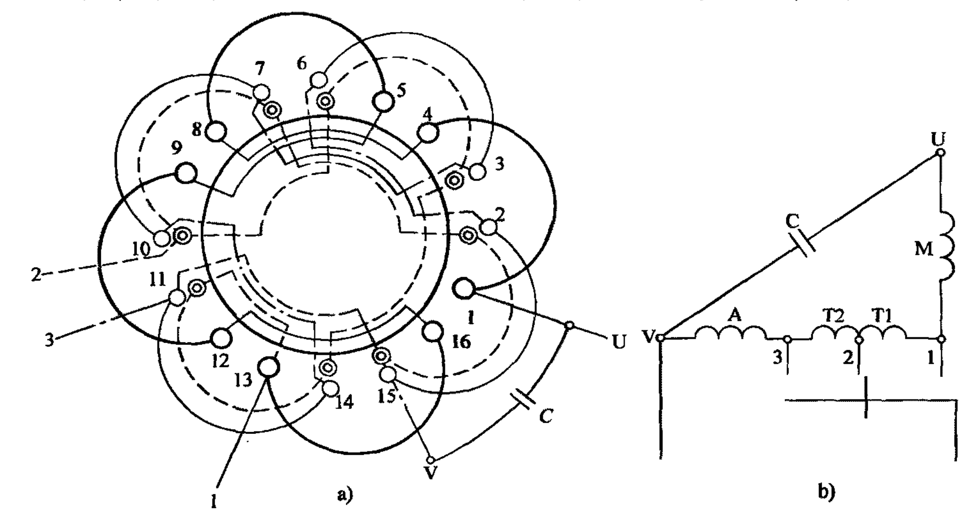


图2-46　电扇用16槽4极L-2型4-4/2-4/2三速绕组

示。此绕组仍是 L-2 型布线，控制接线如图 b，两调速组（T_1、T_2）是与副绕组同槽且对称安排，换挡也对称切换，故仍属对称调速线路。本例三速共用 12 只线圈，布线层次不多，单双层各占 8 槽，工艺性尚好，调速效果也不错。

（4）16 槽 4 极 L-1 型 4/2-4-4/2 三速绕组　如果将上例改为 L-1 型布线，则副绕组安排单层，而调速绕组与主绕组同相，主绕组只能安排双层，4 只调速线圈仍分两组对称安排与主绕组同槽，如图 2-47 所示。此式绕组的工艺性和调速效果基本同上例，但由于移相电容器要承受高电压，通常在 220V 电动机上配用 600V 耐压的电容器；同时，调速绕组占用主绕组的槽面积会限制铁心功率的发挥，所以一般只适用于低电压（如 110V）的使用场合。

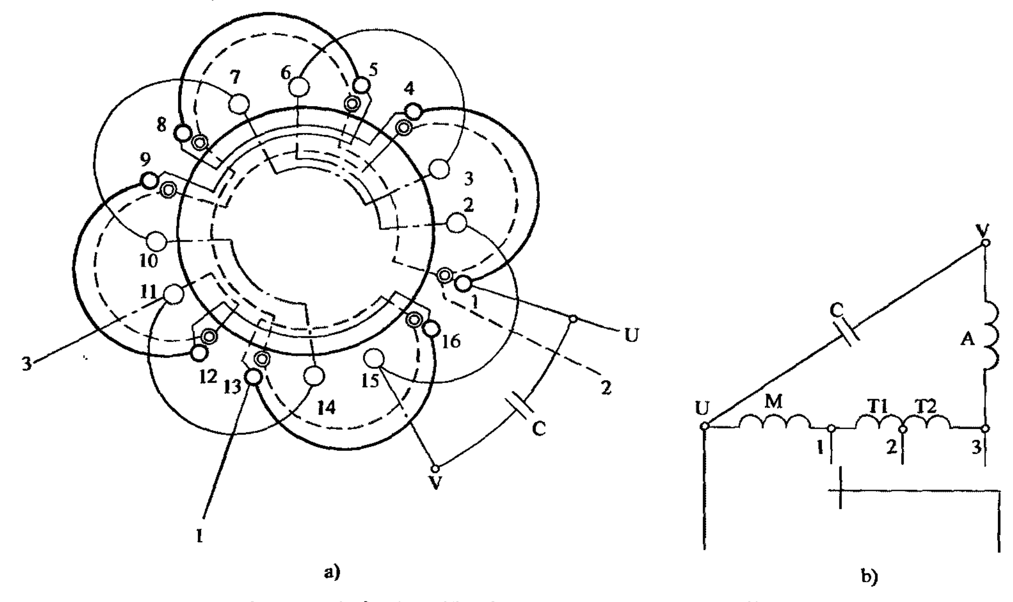


图 2-47　电扇用 16 槽 4 极 L-1 型 4/2-4-4/2 三速绕组

（5）16 槽 4 极 T-1W 型 4/2-4-4/2 三速绕组　布线与上例相同，即主绕组是 4/2，副绕组是 4 只单层线圈，调速绕组为 4/2，与主绕组同相如图 2-48a 所示。但改把主绕组“1”端与副绕组尾端以及调速绕组头端连为公共点如图 b 所示，这就是“T”型接法。因调速的切换挡位场在公共点之外进行，故称外（W）型。由图可见，这种调速原理更接近图 2-40b 的外接电抗器调速线路。该设计选用“1”型布线，本人始终认为不尽合理，但无奈实例如此，故照直绘制，以供参考。

（6）16 槽 4 极 ф-1 型 4/2-4-4/2 三速绕组　本例也属“1”型，绕组布线与上例完全相同，但接线则有别于前面各例。如图 2-49b 所示，它的主、副绕组仍近似“L”型接线，但主绕组相头 U 端独立引出，要通过专用开关与调速绕组交连；而调速绕组分 T1 和 T2 两部分，在电机内部也是单独引出，并通过开关接线。当双联触点 S_1 和 S_1' 合上则“1”点接通到 U；“3”点也通过 S_1' 接到 N 点，这时调速绕组与主绕组（M）并

联，电扇处于高速挡。当 S_2 闭合，调速绕组 T1 部分与 M 串联，中速运行。若 S_3 闭合则 T1 与 T2 串联后再串入 M，电扇低速运行，所以称串并联调速。

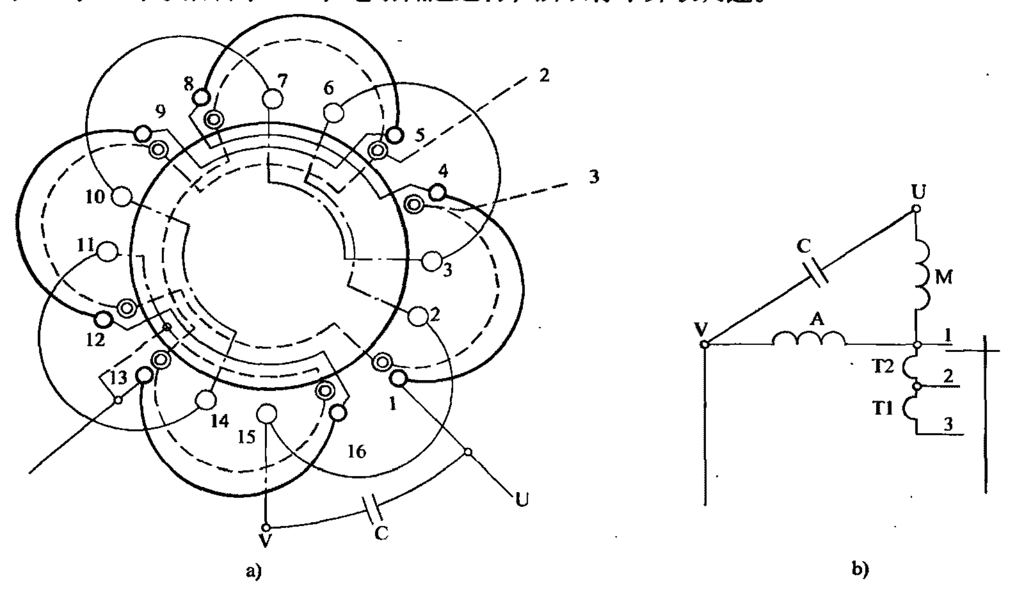


图 2-48　电扇用 16 槽 4 极 T-1W 型 4/2-4-4/2 三速绕组

图 2-49　电扇用 16 槽 4 极 φ-1 型 4/2-4-4/2 三速绕组

这种调速性能优缺点是：

①调速比大。当调速绕组与主绕组选用相同线径，低速挡时主相（串联）绕组是副绕组电阻值的4倍；

②各挡位中流经主绕组和调速绕组的电流都同相位，因而能使各挡位都具有近于圆形磁场；

③低速挡的起动转矩较大，从而克服了其他调速线路在低速挡起动困难的缺点；

④电动机绕组的引出线增多，换挡线路较复杂，需要特殊的控制开关。

抽头调速电风扇布接线方案很多，如有兴趣可参考本社出版的《电动机绕组布接线彩色图集》。

第五节 洗衣机、电冰箱及空调专用电动机绕组

一、洗衣机电动机

1. 洗衣机类别与电动机的性能特点

家用洗衣机采用波轮式和滚动式，工业用洗衣机采用滚动式。家用洗衣机配套的电动机有洗涤与脱水、排水用途区别。单桶（缸）洗衣机只有一台洗涤用电动机；双桶则分洗涤、脱水各一台或一台兼用；套桶也只一台兼用，经变速、转换机构调控，或用一台双速电动机；全自动或有上排水功能的还具有一台电动排水泵。

由于洗衣机需频繁定时正反转，以及在不同负载下都能可靠起动运行，又要求振动小、噪声低、不发热、绝缘良好、安全耐用，所以洗涤专用电动机的输出转矩、力能指标和绕组设计等均有别于一般小功率电动机，而脱水、排水用电动机不需正反转，它与一般小功率电动机相同。

家用洗衣机的洗衣、脱水用电动机均为四极单相电容运转电动机，由不同大小带轮配合传动，洗衣时慢速，脱水时快速。洗衣机用电动机的型号、性能参数见表2-2。

表2-2 洗衣机用单相电容运转电动机型号、性能参数

型号	用途	输出功率/W	配用洗衣量/kg	工作电流/A	效率(%)	cosφ	起动电流/A	起动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	堵转转矩/额定转矩	生产厂
XD-90	洗涤	90	1.5	0.88	49	0.95	2～2.2	1.2	2	0.95～1	北京微电机厂 西安微电机厂 石家庄微电机厂 上海革新电机厂 汕头微电机厂
XD-120		120	2.0	1.08～1.13	52～53	0.9～0.95	2.5	1.2	2	0.9～0.95	
XD-180		180	3.0	1.51～1.53	51～56	0.8～0.95	4.0	0.8	1.8	0.8	
XD-250		250	5.0	1.99～2.0	59～64	0.7～0.95	5.5	0.8	1.8	0.7	

（续）

型号	用途	输出功率/W	配用洗衣量/kg	工作电流/A	效率（%）	cosφ	起动电流/A	起动转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	堵转转矩/额定转矩	生产厂
YX3-90	洗涤	90	1.5			0.95	2.0	1.0	1.8		南京微电机厂
YX3-120		120	2.0				2.5	0.95			
YX3-180		180	3.0				4.0	0.8			
YX3-250		250	5.0				5.5	0.7			
YX4-90	洗涤	90	1.5			0.95	2.0	0.9	1.8		天津微电机厂
YX4-120	洗涤	120	2.0			0.95	2.5	0.9			
25YS4	脱水	25		0.57			1.0	1.0			
XDSS-35	脱水	35		0.6	28	0.95	1.0				汕头微电机厂
XDSL-25		25		0.57	22	0.9	1.0				
XDSL-45		45		0.6	36	0.9	1.5				
YXD-120	洗涤	120	2.0	1.1	52	0.95	2.5		1.43	0.757	广东中山电机厂
XTD-25	脱水	25		0.57	22	0.9	1.2		0.49	0.36	
XTD-40	脱水	40		0.6	32	0.95	1.2		0.505	0.36	
XDC-X-2	洗涤	85	1.5	1.1							上海先锋电机厂
XDC-T-2	脱水	20		0.6							
JXX-90B	洗涤	90	1.5	1.1							上海微型电机厂
XD-120	洗涤	120	2.0	0.99	56	0.97	2.3	0.99	1.76		重庆微电机厂
YY-X02				1.0	55	0.98	2.2	0.998	1.78		

2. 洗衣机电动机的绕组特点与参数

因洗衣机需定时以正转—停止—反转—停止的循环制式频繁地启动、运行、间歇工作，为使电动机在正反转时的性能都一样，所以主、副两相绕组的匝比和导线直径比设计均为1，也即完全对称，就能使正反转时方便地互换主、副绕组。洗涤用电动机绕组的接线型式分L型及T型两种（见图2-50），并都采用正弦绕组布线分相电动机，其绕组布线也有两种型式。

3. 洗衣机电动机布接线

（1）24槽4极2/2-A类正弦布线　绕组采用同心双圈布线如图2-51所示。主、副绕组布线型式相同，每组线圈匝数按正弦比例分配，即大节距线圈为双层，线圈匝数约

占每极匝数的36.6%，小线圈为单层，匝数约占63.4%。早期洗衣机用电动机绕组是用等匝槽布线，性能稍差，修理时可据此比例改绕成正弦绕组。主要应用实例有XDL-90、JXX-90B等洗衣机电动机。

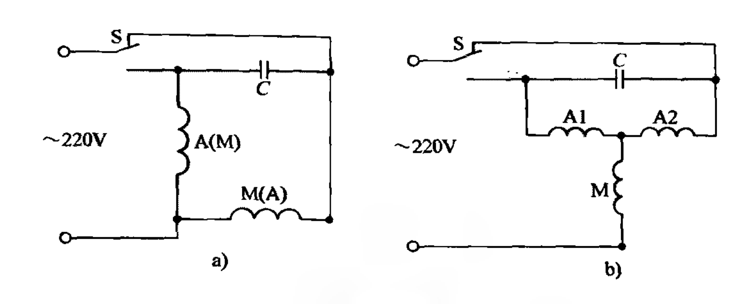


图2-50 洗衣机电动机绕组的接线型式示意图

a）L型接线 b）T型接线

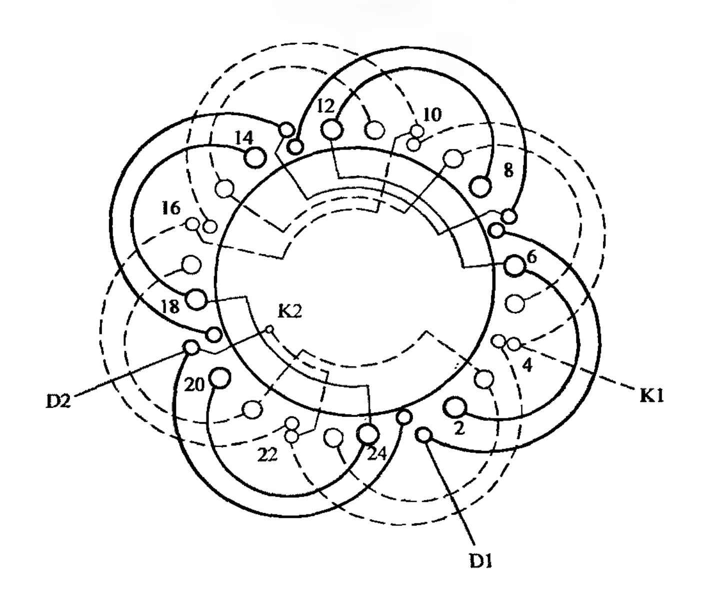


图2-51 洗衣机用24槽4极2/2-A正弦绕组

（2）24槽4极2/2-B类正弦布线 绕组采用B类正弦布线，主、副绕组最大线圈均短于极距一槽，故属B类安排，布接线如图2-52所示。每组由两同心圈组成，与A类不同的是大线圈是单层而小线圈为双层。每相线圈组数等于极数。属显极绕组。接线时使同相相邻线圈组反接串联，即“尾与尾”或“头与头”相接。早期产品中有采用

等匝槽的B类单双层布线的，修理时可改为正弦布线，即大线圈占每极匝数约57.7%，小线圈占42.3%。此式绕组应用实例有XDC-X-2、XDC-T-2等洗衣电动机。

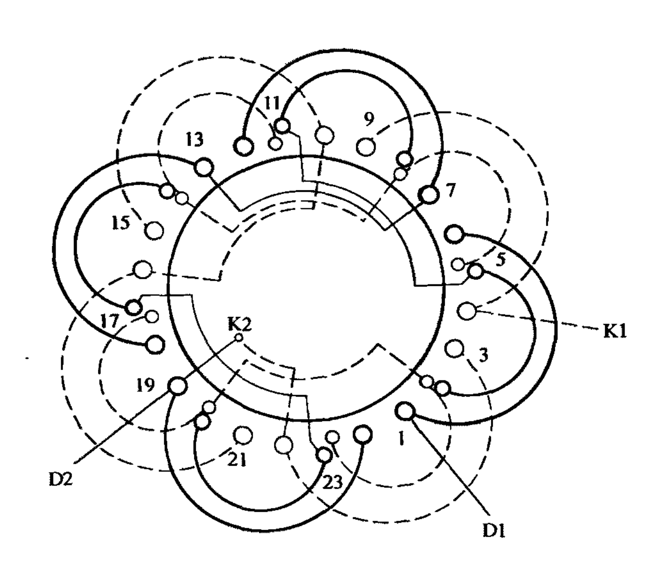


图2-52　洗衣机用24槽4极2/2-B正弦绕组

国产洗衣机用电容运转电动机标准型号与铁心、绕组数据见附表1-25。

二、电冰箱电动机

1. 电冰箱的类型

电冰箱类型有吸收式、半导体制冷式和压缩式等。

（1）吸收式　其制冷原理是利用物理过程的“吸收”方式来实现冷冻循环，它不需用压缩机。目前还不能普及。

（2）晶体式　又称热电式晶体制冷。它是利用晶体的“珀耳帖”效应——热电偶温差效应制冷的。目前只应用于特种小型冰箱。

（3）压缩式　是利用制冷剂通过压缩机组的“抽吸”与“压缩”功能，再经系统循环制冷。它制冷温度低，降温快，效率高，使用寿命长，是目前应用最广泛的型式。以往，电冰箱都用氟利昂作制冷剂，它造成环境和大气层的极大破坏，故2001年提出废止使用，至2007年7月1日已完成过度期，目前产品已改用四氯乙烷（HFC-134a）、异丁烷（R600a）等无氟无溴型的环保制冷剂。

本小节着重介绍压缩式电冰箱的压缩机组电动机。

2. 压缩式电冰箱的主要结构

压缩式电冰箱主要由压缩机组、冷凝器、干燥过滤器、毛细管、蒸发器以及温控、电控部件等组成。压缩机组是制冷系统的心脏，它采用往复式或旋转式压缩机与电动机

同轴连接密封安装在同一机壳内。为此，电动机设计成大直径、短铁心的专用结构型式。

3. 电冰箱电机的种类与性能特点

电冰箱所用电机随容积大小与功能不同而差异。一般电冰箱只具有一台压缩机组的电动机；双门、双温电冰箱还多一台冷风循环风扇电动机；而200L以上大容积双门、三门具有自动化霜与风扇冷却功能的高级电冰箱，则具有四台电动机——除压缩机组主电机外，还有冷风循环风扇电动机；自动化霜定时器电动机；冷凝器的风扇散热电动机。本小节只介绍压缩机组主电机，其他可参见电风扇电机和洗衣机电机中的定时器。

电冰箱压缩机组的电动机多数采用电阻起动电动机，少量采用电容起动电动机。起动装置常用启动继电器或PTC（正温度系数热敏电阻）元件。由于电动机须频繁间歇起动，使用环境又特殊，故对其性能有如下要求：

1）应有稳定的耐受制冷剂和润滑油的化学性能；

2）应能在不同负荷与大温差环境下正常起动、运转，所以要具有足够的起动转矩、制动转矩以及耐受过载、过热的能力；

3）运行中不能发生火花；

4）电动机应具有较好的绝缘性能，足以防锈、防水及防各种气体、污垢的性能；

5）电动机应有足够的机械强度，能耐受振动或偶然冲击；

6）电动机输出功率要与压缩机需用功率匹配，使能发挥较高的效率和功率因数，又可节省能源。

4. 电冰箱电动机的绕组布线型式

为改善电动机的运行性能，电冰箱电动机一般都采用正弦绕组，它由不等匝数的同心线圈组成。线圈匝数的分布原理可参阅本节前文与图2-17等。

电冰箱压缩机用起动型分相电动机，主要用电阻分相，即副绕阻设计成高阻抗，甚至增加反绕匝数来达到高阻要求；但仍有个别采用电容分相起动。由于电动机与压缩机同置于容器里面，故绕组仅引出3根线，即主绕组引线标号为M；副绕组为S；主、副绕组尾端在机内连接公共点后引出C端。压缩机定子有两种规格，常用的绕组布接线如下：

（1）24槽2极电动机

1）5/5-B正弦布线　绕组布接线如图2-53所示。主、副绕组均是B类缺一圈的正弦绕组，每极均由5圈组成，能有效地削减3、5、7次谐波干扰，电机具有较好的运行性能和起动性能，但副绕组占有较多槽数，在一定程度上限制运行绕组的功率，从而使电动机铁心有效利用率降低。此绕组在电冰箱中见用于FB-505压缩机电动机。

2）5/4-B正弦布线　24槽2极绕制5/4-B的布接线如图2-54所示。主绕组每极5圈；副绕组缺2圈，即每极4圈。主绕组对高次谐波尚能有效抑制，副绕组则尚存3、5、7次谐波干扰，但起动后副绕组撤离电源，故对运行不至影响；铁心有效利用率也稍低于上例。此绕组在压缩机中应用最多，实例如QF21-75、FB-517Ⅱ等。

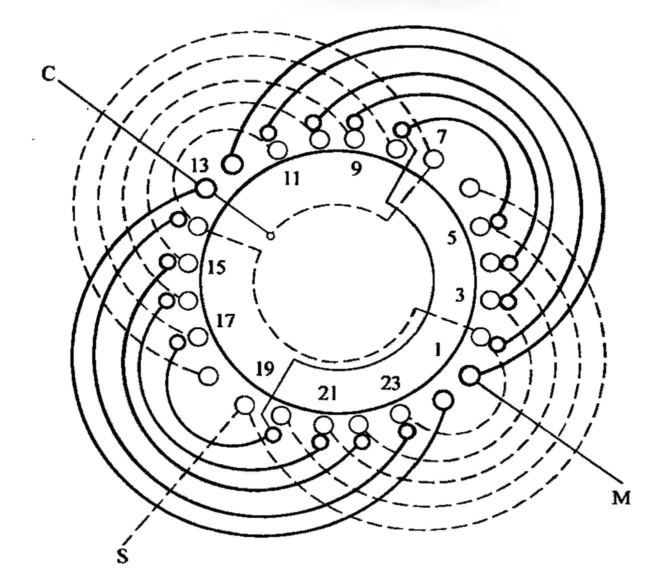


图 2-53 电冰箱用 24 槽 2 极 5/5-B 正弦绕组

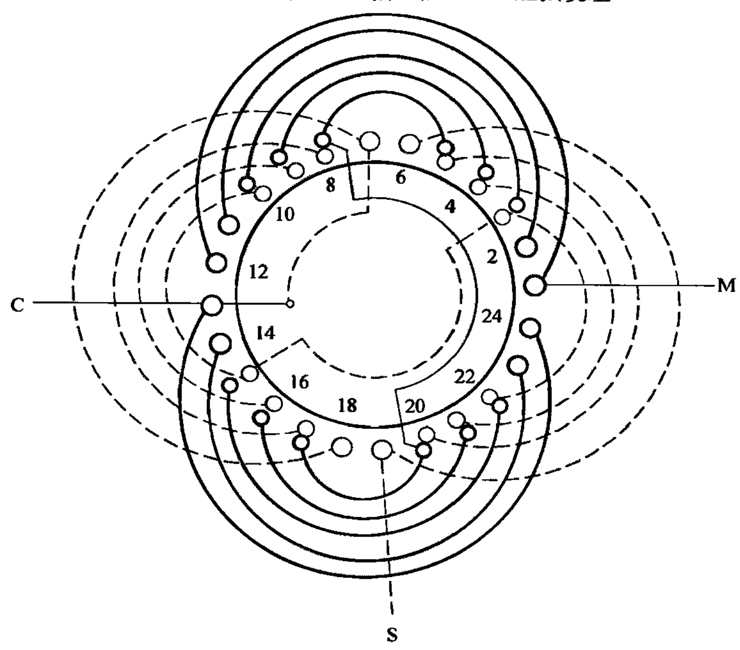


图 2-54 电冰箱用 24 槽 2 极 5/4-B 正弦绕组

3）4/4-B 正弦布线　主、副绕组均采用相同的 B 类安排缺 2 圈布线，如图 2-55 所示。虽在抗高次谐波干扰上逊于上例，但绕组系数则略可提高。此绕组在各种单相的专用设备的电机中应用较多，在电冰箱中采用的有 LD-1-6 及原苏产品 ДXK-240 等。

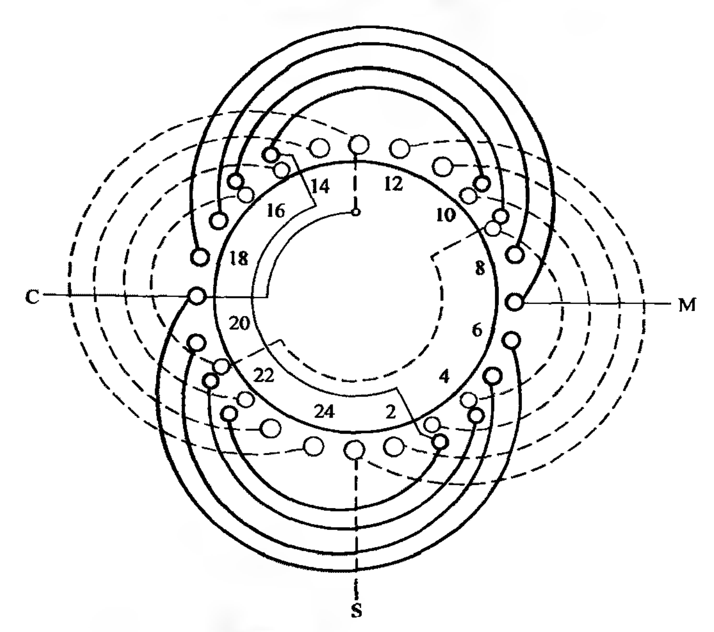


图 2-55 电冰箱用 24 槽 2 极 4/4-B 正弦绕组

4）4/3-B 正弦布线 主、副绕组采用不同的 B 类正弦，主绕组每极 4 圈，副绕组缺 3 圈，即每极 3 圈，未能完全消除高次谐波干扰，但总圈数较少，故工艺性有所改善。绕组也是显极布线，同相相邻线圈极性相反，即“尾与尾”相接。此绕组适用于起动型电动机，绕组布接线如图 2-56 所示。在电冰箱中应用的型号有 HQ-651-BQ。

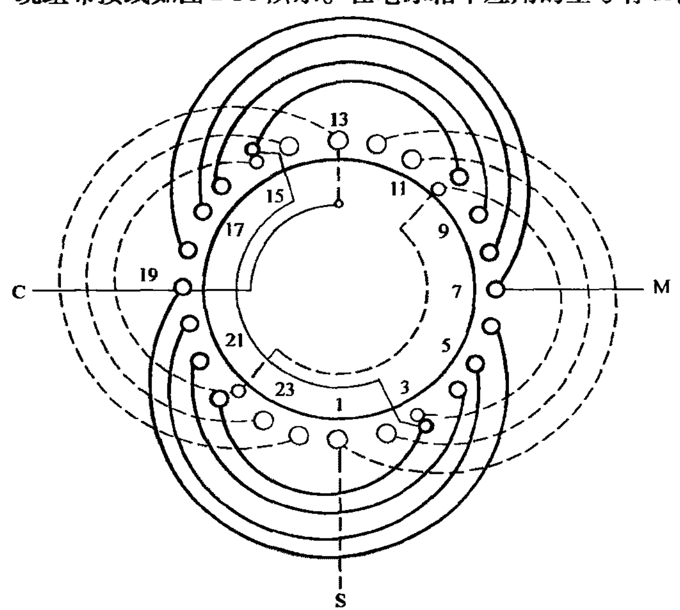


图 2-56 电冰箱用 24 槽 2 极 4/3-B 正弦绕组

5）4/2-B 正弦布线　主、副绕组采用不同的 B 类缺圈安排，主、副绕组占槽比为 2:1，所以只适宜起动型电动机。正弦布接线如图 2-57 所示。由图可见，绕组布线构成单层形式，线圈数只有槽数的一半，槽内也无需层间绝缘，嵌线极方便，工艺性良好，且副绕组系数很高；唯有正弦效果，特别是副绕组的消除高次谐波效果差，但因起动过程极短而忽略。实际应用于电容分相起动电动机，如 KL-12M 的电冰箱压缩机电动机。

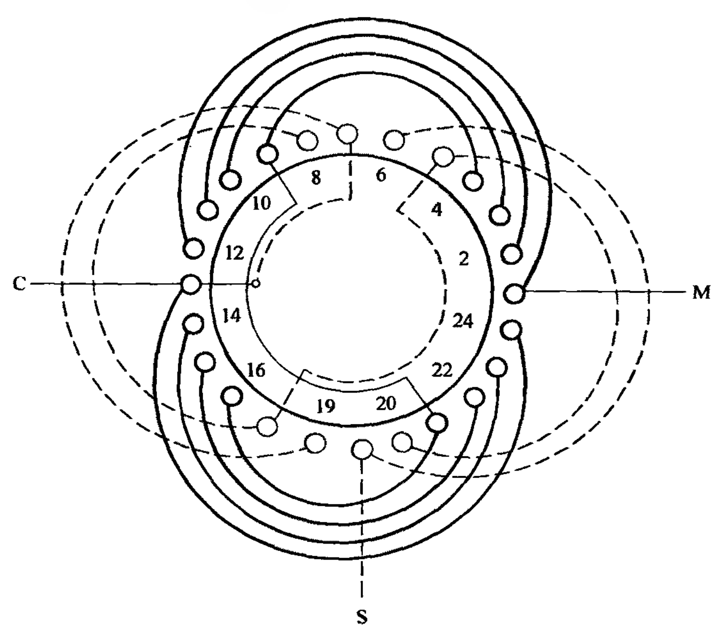


图 2-57　电冰箱用 24 槽 2 极 4/2-B 正弦绕组

（2）32 槽 4 极电动机

1）4/3-A 正弦绕组　32 槽定子在普通系列产品是不常用的规格，而电冰箱压缩机电动机则常用 32 槽绕制 4 极绕组。本例安排 A 类，4 圈为满圈，主、副绕组的最大线圈均为交叠双层布线。主绕组满圈安排，能基本削减高次谐波干扰，但绕组系数偏低；副绕组缺一圈布线，绕组系数略高于主绕组。如图 2-58 所示，绕组中，除主绕组第二大节距的线圈是单层外，其余均是双层结构，总体线圈较多，嵌绕相对费时。此式绕组适用于起动型，在电冰箱用电动机中，LD-5801 及 5608-Ⅱ采用此式绕组。

2）3/3-B 正弦绕组　本例是 32 槽 B 类布线，绕制 4 极，满圈可安排 4 图，而图 2-59 可见，主、副绕组均安排缺一圈的正弦绕组，即每极 3 圈，同相相邻线圈组间是反向串联。此绕组最大线圈是单层，没有同相交叠布线，可采用整嵌法使线圈端部形成层次分明的双平面结构。绕组能在较大程度上削减 3、5、7 次谐波分量，但不能完全消除高波影响。此绕组可用于运行型或起动型，但冰箱电动机 5808-Ⅰ、FB-516 选作电阻起动型电动机。

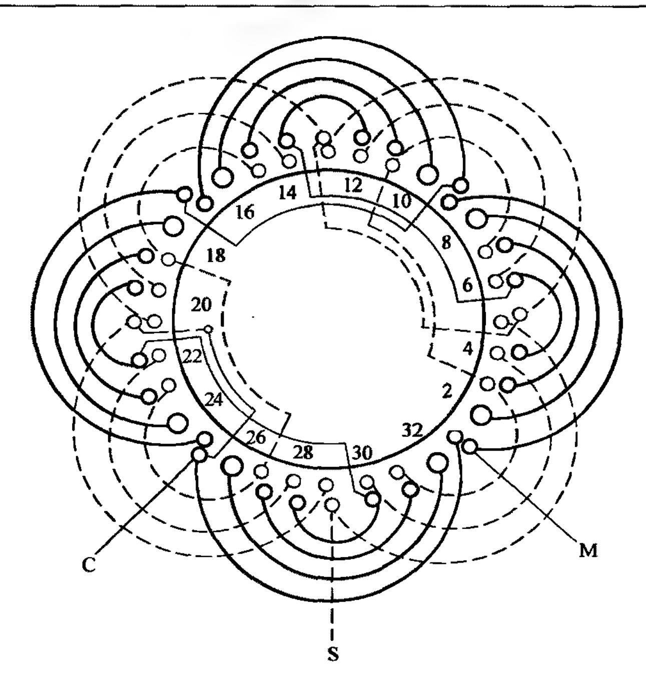


图 2-58 电冰箱用 32 槽 4 极 4/3-A 正弦绕组

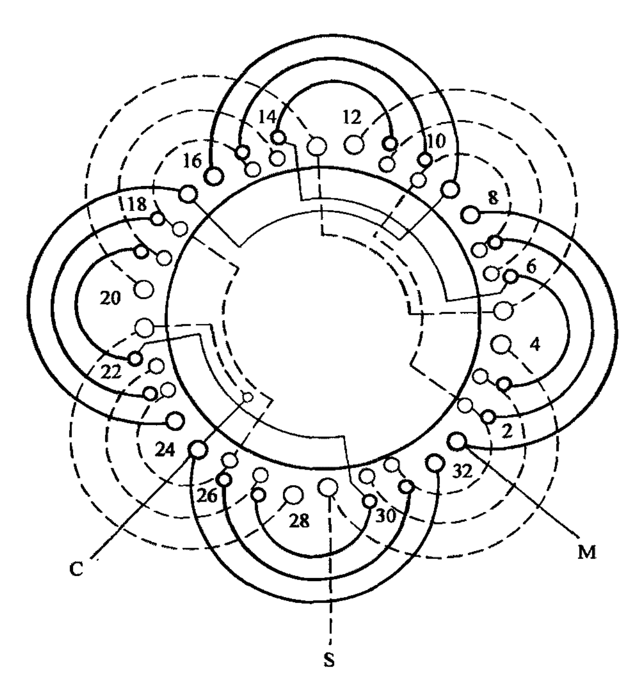


图 2-59 电冰箱用 32 槽 4 极 3/3-B 正弦绕组

3）3/2-B 正弦绕组　图 2-60 的绕组布线基本同上例，但副绕组多缺一圈，即主绕组每极由 3 圈，副绕组 2 圈组成，显极接线，即同相相邻组间反极性。由图可见，只有小圈安排双层，故单层线圈占多数，嵌线较方便，但缺圈相对较多，铁心利用率降低，且消除高次谐波效果不够理想，尤其在副绕组存在较强的 3 次谐波分量。本绕组宜用于起动型，冰箱实例有 FB-515 等。

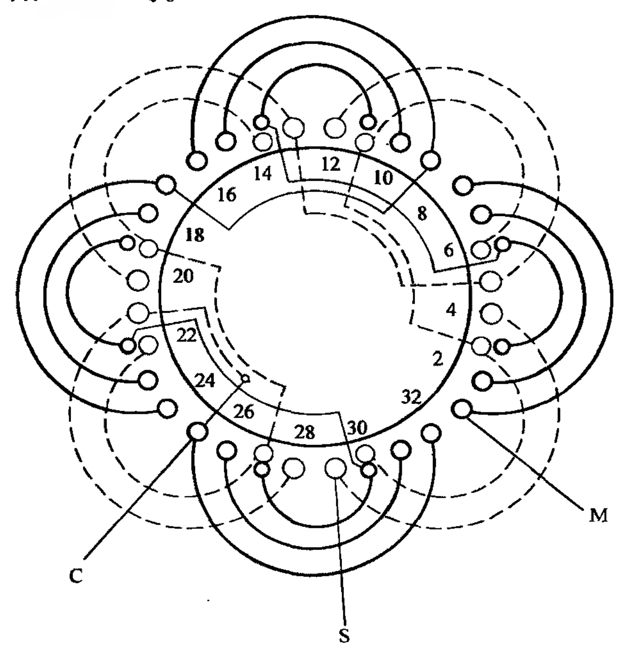


图 2-60　电冰箱用 32 槽 4 极 3/2-B 正弦绕组

由上述绕组布线可见，主、副绕组的安排在空间上都能满足 90°相位差；然而，电冰箱电动机大都选用电阻分相起动，为使副绕组在电气上达到移相的电阻，常将副绕组的部分线圈增加反绕匝数，具体数据可参考附表 23。

5. 电冰箱电动机的技术数据

电冰箱压缩机组配用的单相电动机，国产的有二极，也有四极的，而进口机组均为二极，而且大部分采用电阻分相起动（RSIR）型，极少量采用电容分相起动（CSIR）型或双电容（CSR）型。国产及部分进口的电冰箱压缩机组电动机铁心、绕组数据见附录附表 23。

三、空调器的主要结构及电动机

1. 窗式空调的结构

空调器分窗式、挂壁、吸顶、立柜等不同型式，除窗式为整体结构外，其余均为室内、室外两部分的分体结构。空调器主要由制冷循环、通风循环、电气控制三个系统组成，如增加电磁换向阀（热泵）部件，则成为制冷、制热两用功能。

窗式空调器的结构如图2-61所示。它主要由三部分组成：

1）制冷循环系统　主要由电动压缩机组和电磁换向阀、管路、节流毛细管，以及冷凝器、蒸发器（两者可逆作功）构成。

2）通风循环系统　主要由一台双轴伸单相电动机同时驱动离心式风扇与轴流风扇，以及进风过滤网、出风栅等构成。

3）电气控制系统　包括电源开关、中间继电器、感温器、调温开关、定时器，以及保护电动机过载的热继电器等。

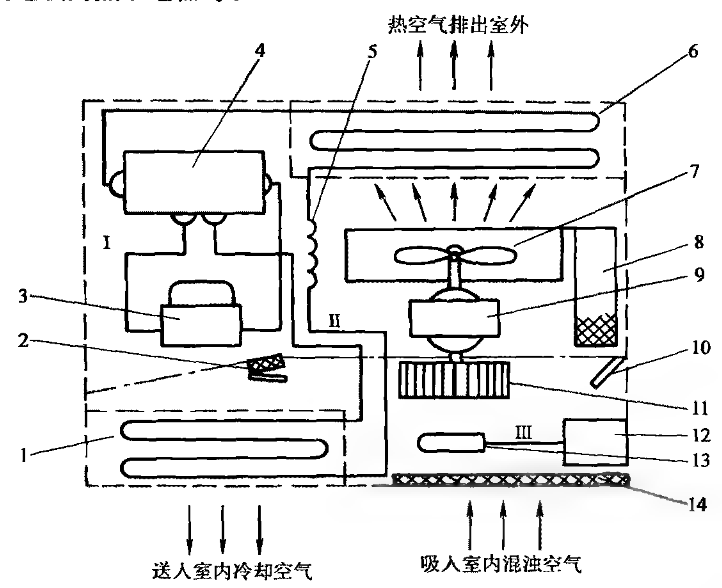


图2-61　窗式两用热泵式空调器主要结构示意

I—制冷循环系统　II—通风循环系统　III—电气控制系统

1—室内热交换器（制冷作蒸发器，制热作冷凝器）　2—过滤网与排风门　3—电动压缩机组　4—电磁换向阀　5—节流毛细管　6—室外热交换器（制冷作冷凝器，制热作蒸发器）　7—轴流风扇　8—室外进风过滤网　9—双轴伸风扇电动机　10—进风门　11—离心风扇　12—电气控制装置　13—感温器　14—空气过滤网

分体式空调器的结构主要把室外热交换器、热泵、排风扇、电动压缩机组部件布置于室外部分，其余部件包括自动功能及遥控装置均布置在室内部分，由紫铜管道与电源线互通两部分工作。

小型空调器多用单相电容运转异步电动机，中大型空调器多用三相异步电动机。如果空调定时器属电动式，则其内部还有一台小单相同步电动机。

2. 空调器电动机的技术数据

国产小中型空调器用单相电容运转异步电动机型号、性能参数见表2-3；国产空调器配用进口压缩机组的部分单相电动机性能参数见表2-4；部分进口小型空调器用单相电动机铁心、绕组技术数据见附录附表24。

表 2-3　国产小中型空调器用单相电容运转（CSR）异步电动机型号、性能参数

<table>
<tr><th>型　　号</th><th>输出功率/W</th><th>转速/(r/min)</th><th>效率(%)</th><th>配用电容器/μF</th><th>噪声/dB</th><th>配用压缩机制冷量/(J/h)</th><th>生产厂</th></tr>
<tr><td>DoD$_T$-50/4</td><td>50</td><td>600～1320</td><td></td><td>4</td><td rowspan="3"><35</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">北京微电机厂（采用调速器调速）</td></tr>
<tr><td>DoD$_T$-30/4</td><td>30</td><td>600～1320</td><td></td><td>2.5</td></tr>
<tr><td>DoD$_T$-30/6</td><td>30</td><td>400～850</td><td></td><td>3</td></tr>
<tr><td>DoD$_T$-8/6</td><td>8</td><td>600/700/900</td><td></td><td>1.5</td><td rowspan="3"><35</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">北京微电机厂（采用绕组抽头调速）</td></tr>
<tr><td>DoD$_T$-8/6</td><td>8</td><td>500/580/680</td><td></td><td>1.5</td></tr>
<tr><td>DoD$_T$-12/6</td><td>12</td><td>600/700/900</td><td></td><td>2</td></tr>
<tr><td>YJC-5Y</td><td>30</td><td></td><td></td><td>2.5</td><td>≤40</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">北京微电机厂</td></tr>
<tr><td>YJC-6Y</td><td>30</td><td></td><td></td><td>4.5</td><td>≤45</td></tr>
<tr><td>YYK-30-6D</td><td>30</td><td>880～950</td><td>38</td><td>2.5</td><td rowspan="4">≤50</td><td>5860(1400)</td><td rowspan="4">上海日用电机厂</td></tr>
<tr><td>YYK-60-6</td><td>60</td><td>880～950</td><td>50</td><td>3</td><td>8370(2000)</td></tr>
<tr><td>YYK-80-6D</td><td>80</td><td>780～920</td><td>50</td><td>4</td><td>15070(3600)</td></tr>
<tr><td>YYK-250-4</td><td>250</td><td>1100～1300</td><td>60</td><td>3</td><td>20930(5000)</td></tr>
<tr><td>KBD-1</td><td>750</td><td rowspan="5">2800</td><td>68</td><td>12.5</td><td rowspan="5"></td><td>8370(2000)</td><td rowspan="5">西安微电机厂</td></tr>
<tr><td>KBD-2</td><td>1100</td><td>70</td><td>20</td><td>12560(3000)</td></tr>
<tr><td>KBD-3</td><td>560</td><td>68</td><td>12.5</td><td>5020(1200)</td></tr>
<tr><td>KBD-4</td><td>1500</td><td>70</td><td>25</td><td>16740(4000)</td></tr>
<tr><td>KBD-5</td><td>280</td><td>52</td><td></td><td rowspan="4">8370(2000)</td></tr>
<tr><td>KFD-1</td><td>50</td><td rowspan="7">880～920</td><td rowspan="3">40</td><td>3</td><td rowspan="12"></td><td rowspan="12">西安微电机厂</td></tr>
<tr><td>KFD-2A</td><td>50</td><td>3</td></tr>
<tr><td>KFD-2B</td><td>50</td><td>3</td></tr>
<tr><td>KFD-3</td><td>30</td><td rowspan="2">30</td><td>2.5</td><td rowspan="2">5020(1200)</td></tr>
<tr><td>KFD-3B</td><td>30</td><td>2.5</td></tr>
<tr><td>KFD-4</td><td>100</td><td rowspan="2">48</td><td>4</td><td>12560(3000)</td></tr>
<tr><td>KFD-5</td><td>120</td><td>6</td><td rowspan="2">16740(4000)</td></tr>
<tr><td>KFD-5B</td><td>120</td><td rowspan="3">960～1350</td><td>49</td><td>5</td></tr>
<tr><td>KFD-6</td><td>35</td><td rowspan="2">40</td><td>2.5</td><td rowspan="3">12560(3000)</td></tr>
<tr><td>KFD-6A</td><td>35</td><td>2.5</td></tr>
<tr><td>AYR-11-2</td><td>1100</td><td>2800</td><td>74</td><td>35</td></tr>
</table>

注：制冷量括号内数字单位为 cal/h，1cal/h = 4.1868J/h；目前也有用瓦（W）为制冷量单位，1W = 860cal/h。

表 2-4 国产空调器配用进口压缩机组的部分单相电动机性能参数

型号	RH-113AX	RH-153AX	ND7505BX
制冷量/(J/h)	12560(3000)	16740(4000)	8370(2000)
电动机功率/kW	1.12	1.5	0.75(60Hz)
电动机型式	电容运转式		
极数	2	2	2
电压范围/V	220~240	220~240	198~264
工作电流/A	6.4	10.1	
起动电流/A	34	53	20
起动装置	电压继电器		
起动电容器/(μF/V)	35/400	35/400	20/350
保护装置	蝶形双金属		
主要配用机型	泰州 SCKT-3 型空调机	上海 SCKT-4 型空调机	上海长风 8360kJ/h 空调机
生产厂	日立	日立	日立

注：制冷量括号内数字单位为 cal/h，1cal/h = 4.1868J/h。

3. 空调器电动机绕组的布线型式

一般家用空调器有压缩机电动机和风扇电动机，大型空调还有其它小功率的辅机，因其功率微小，一般都作为修理配件而整机更换，没有修理价值；而中央空调的功率较大，一般是用三相电动机。空调压缩机与电冰箱压缩机电动机通用，修理时可参考冰箱压缩机电动机的资料。空调风扇电动机故障率较高，但各厂家又不愿公开技术资料，下面几例仅从友人提供的修理资料整理而绘制，故此更觉弥足珍贵。

空调器风扇的调速原理与抽头调速电扇相同，不同的是布线型式，即电风扇是单链布线，每极线圈是单圈组；而空调器风扇常用每极多圈组成，并采用正弦布线。下面介绍几例绕组布接线，以供参考。

(1) 空调器四极风扇调速绕组

1) 36 槽 4 极 L-2 型 4-3-3 双速绕组　绕组由主、副、调三绕组构成，如图 2-62 所示。主绕组是 B 类正弦、每极 4 圈，副绕组与主绕组安排相隔 90°电角度，每极 3 圈，采用 A 类安排，即最大线圈为双层交叠布线；调速绕组与副绕组同相，每极也是 3 圈，但缺最大线圈，如图 a 所示。此绕组是运行型，能有效消除高次谐波影响，电动机有较好的运行和起动性能；但绕组线圈数多，槽内线圈边多呈三层结构，使嵌绕工艺性较

差。双速控制接线原理如图 b 所示。

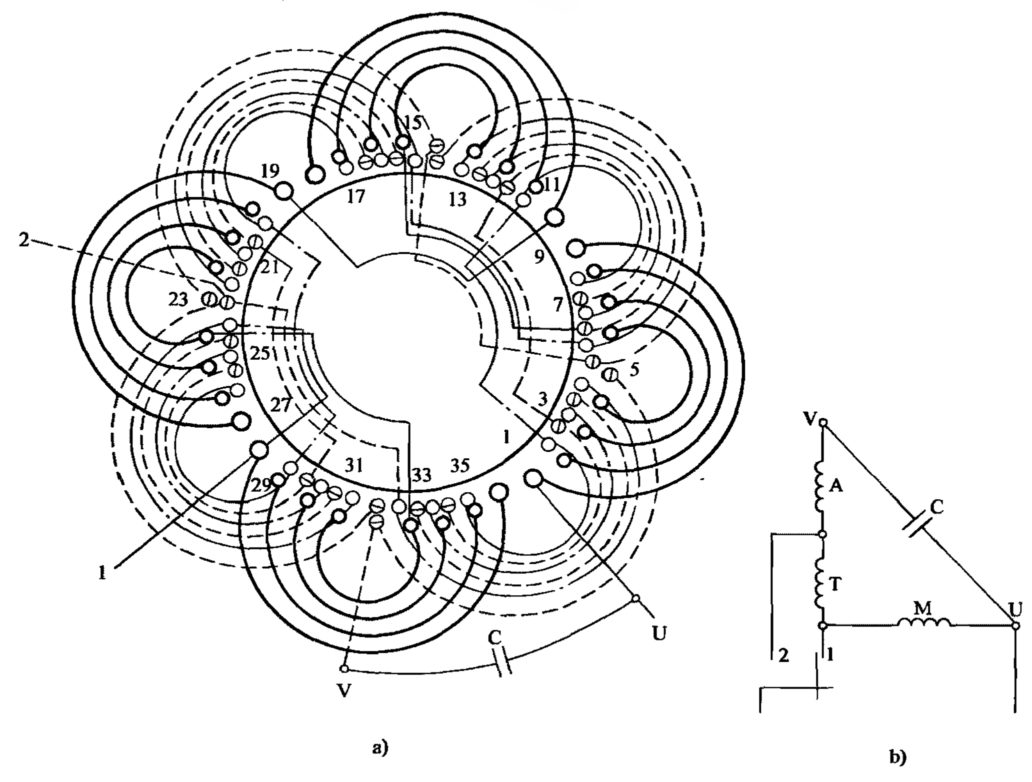


图 2-62　空调器 36 槽 4 极 L-2 型 4-3-3 双速绕组

M—主绕组　A—副绕组　T—调速绕组

1—高速挡　2—中速挡　3—低速挡抽头

V、U—抽头

2）36 槽 4 极 L-1/2 型 3 －3 －(3 +2)三速绕组　本绕组是国产空调器热交换风扇单相电容运转调速电动机，虽是 L 型，但布接线比较特别。主、副绕组均按正弦分布如图 2-63 所示。调速绕组分两部分，每极 3 圈与主绕组同相；每极 2 圈与副绕组同相如图 b 所示，因其同时具“1”和“2”型特征，故特定为 1/2 型。

此调速绕组采用均衡切换，换挡过程能确保气隙磁场的均衡对称，从而获得较好的调速性能，使电动机运行稳静、噪声低；但线圈数多，布线层次和接线较复杂，工艺性较差。

3）36 槽 4 极 T-1W 型 3 －1½ －2 三速绕组　本绕组属 T-1W 型布接线，即调速绕组与主绕组同相位“1”型；三绕组相位和接线如图 2-64b 所示的“T”型。由于调速过程，T1 和 T2 均在主、副绕组公共点之外，故称外（W）接调速。主绕组是正弦（3B）布线，即每极 3 圈，且最大线圈安排单层；副绕组采用单层同心交叉等匝布线；调速绕组共有 8 只线圈，每极 2 圈，具体分布见图 a，可用正弦或等匝布线。本例采用均衡切

换调速，即每极中的大节距线圈按互反极性串联成 T1 组；同理把 4 只小线圈串接为 T2 组。这样，切换时定子 4 个磁极上所增减的匝数相同，调速方式有别于前面介绍的电扇对称调速。

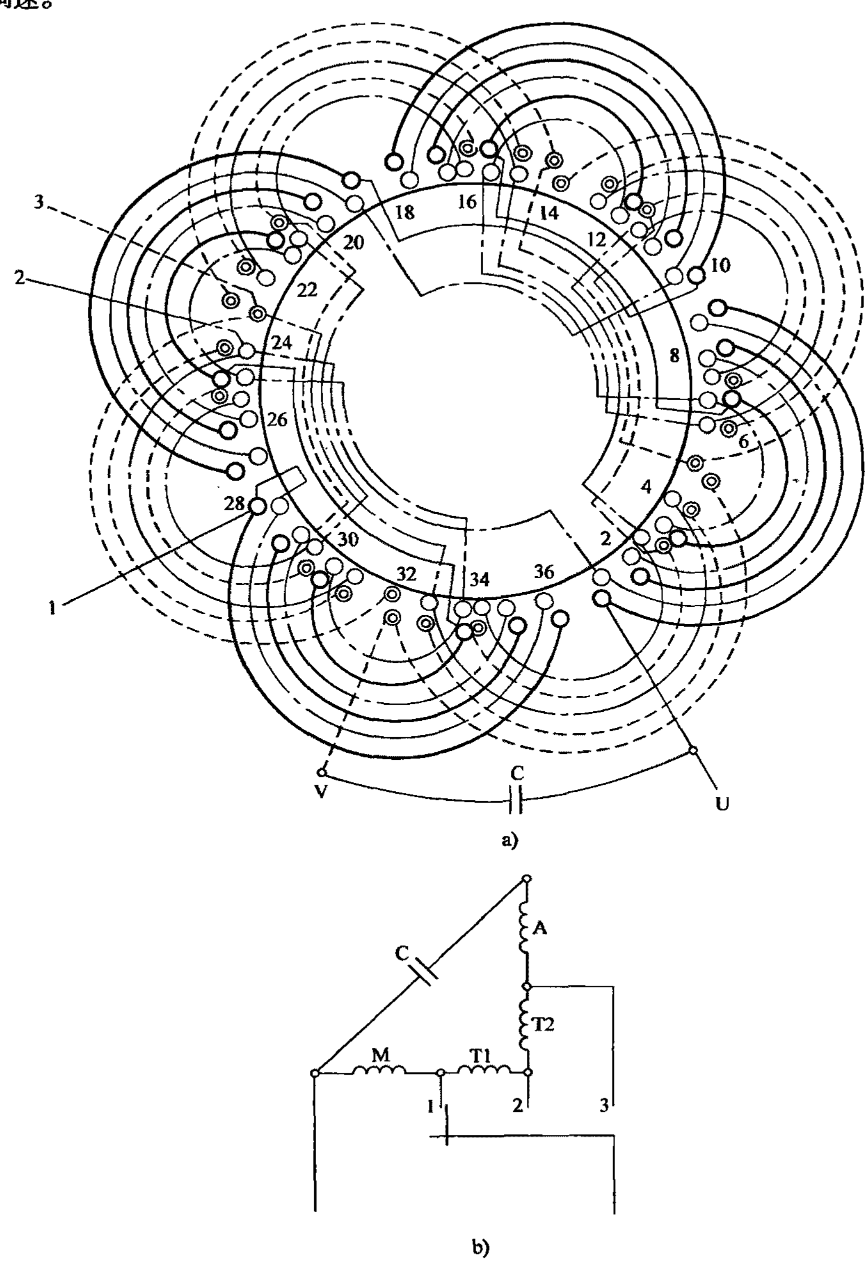


图 2-63 空调器 36 槽 4 极 L-1/2 型 3－3－(3＋2)三速绕组

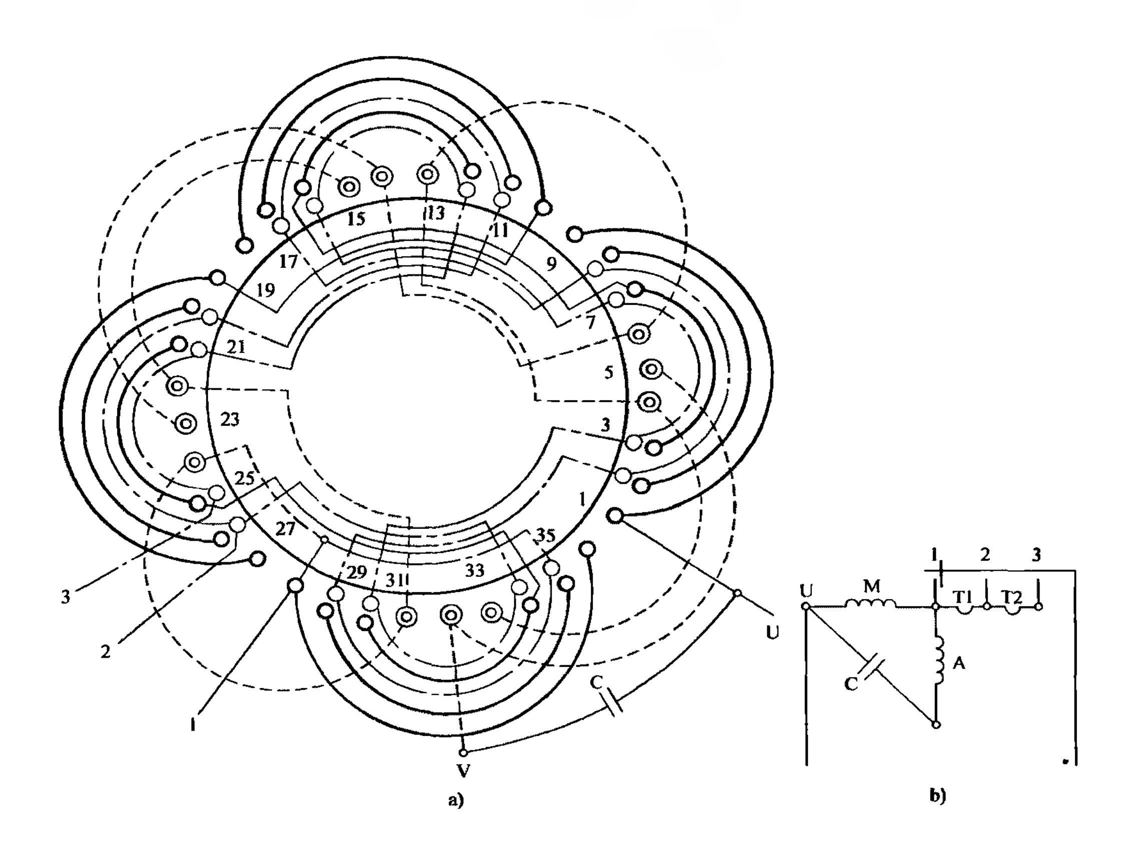


图 2-64　空调器 36 槽 4 极 T-1W 型 $3-1\frac{1}{2}-2$ 三速绕组

(2) 空调器六极风扇调速绕组　24 槽 6 极 L-2 型 2－2－1 双速绕组是国产某品牌空调器用风扇电动机绕组。主、副绕组均为 A 类正弦布线。绕组接线为显极，即同相相邻组间反接串联。由于主、副绕组每极仅两圈，大线圈又是交叠双层嵌线，故其端部层次不分明。调速绕组每极一圈，与副绕组同相安排，如图 2-65 所示。接线也是正反交替串联，极性与所在副绕组同相。由于每极圈数少，正弦效果并不理想。

(3) 空调器八极风扇调速绕组　32 槽 8 极 L-1 型四速空调风扇是近年由友人提供修理资料整理而成。电动机有四速，主、副、调都是每极单圈，属单链型式；调速绕组与主绕组同相安排，故是双层，主绕组安排在下层，调速绕组在上层。调速绕组 8 只线圈分成三组，T1 组有 4 只线圈对称安排如图 2-66 所示；T2 和 T3 则分别用 2 只线圈，安排在相应的对称位置，各调速线圈的极性与主绕组同相。绕组属对称切换调速，工艺性一般，但抗干扰能力较差，用于小型空调。

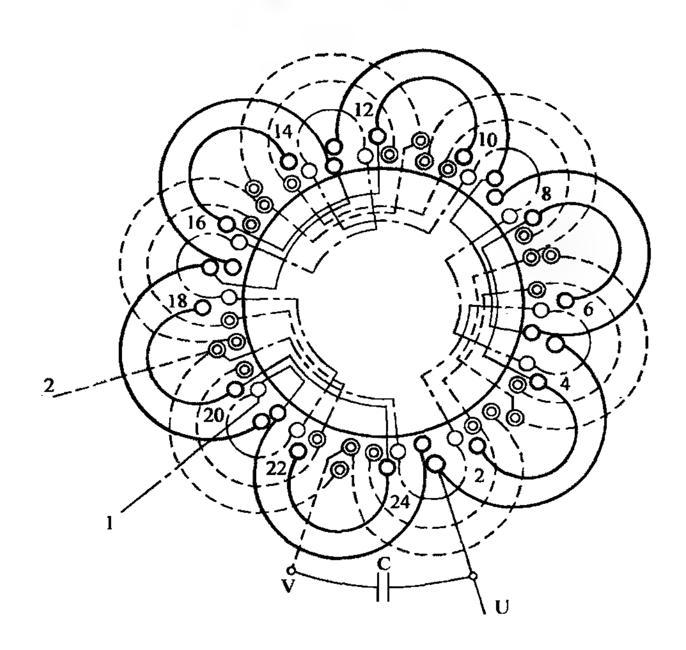


图 2-65 空调器 24 槽 6 极 L-2 型 2－2－1 双速绕组

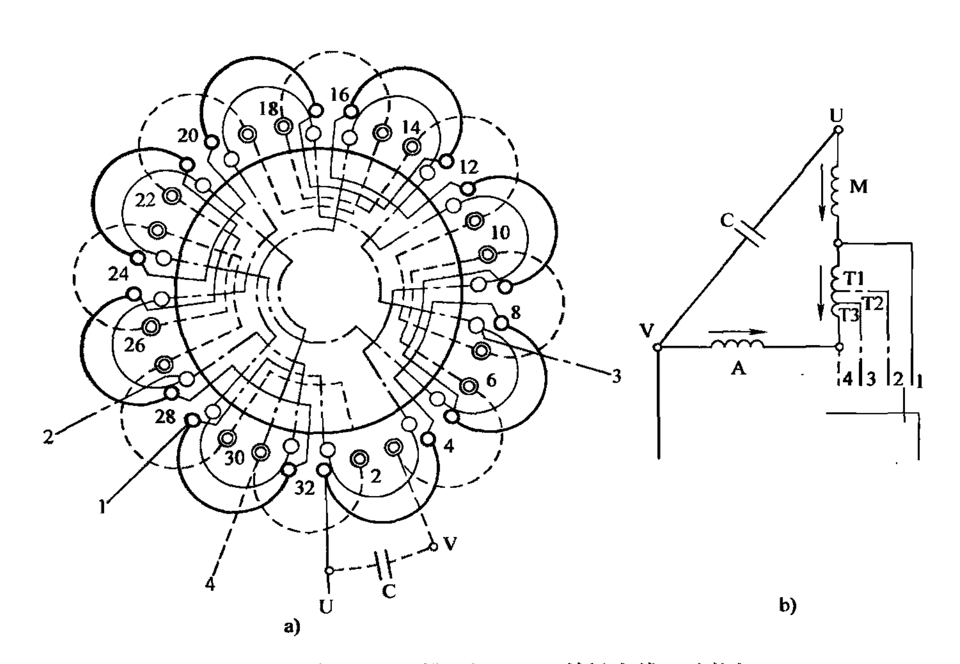


图 2-66 空调器 32 槽 8 极 L-1 型单链布线四速绕组

第六节　单相变极电动机绕组

抽头调速只适合于电扇类负载的应用，由于电扇负载转矩

$$T_d \approx K_1 U^2$$

它与电动机输入电压（U）的平方成正比。也就是说，当输入电压降低时，电动机转矩便迅速下降，电动机因无力负担而被迫减速，而电扇的负载特性是

$$T_z \approx K_2 n^2$$

因此，当转速下降到负载转矩 $T_z = T_d$ 时，电扇转矩获得新的平衡，从而稳定在 n' 下运行，这样就可使风扇达到降压调速的目的。如果电动机是空载，即负载转矩 $T_z \approx 0$，则无法与电动机转矩达到平衡，降压调速就无法实现。

另外，其它机械负载不具备风扇负载的特性，当电动机输入电压降低后，$T_d < T_z$，电动机便停转。所以，降压调速（包括抽头调速，外接电抗器调速，串联电容器调速以及电子电路降压调速等）只适用于风扇负载。至于其他机械负载的调速，在家用电器中还有变极调速、双绕组电机调速，双电机连体调速等，其中单绕组的变极调速的单相电动机在近年得到开发和应用。

一、单相电动机变极调速与特点

对非风扇类负载的单相电动机改变转速，比较简单和经济的方法是变极。对感应电动机而言，电动机运行转速

$$n = (1 - s) n_1$$

式中　s——转差率，一般 $s = (3 \sim 5)\%$；

　　n_1——定子旋转磁场转速（r/min）。

而旋转磁场转速

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

其中 p 是电动机绕组磁极对数，由式可见，当电源频率 f 不变时，改变磁极对数 p 便可大幅度改变 n_1，从而使运行转速 n 改变。

单相电动机变极调速具有如下特点：

（1）它由一套变极绕组通过改换接线获得两种极数的转速，故具有调速简便的优点；

（2）变极电动机只能变极数改变转速，不能满足均匀调速的要求；

（3）单相变极绕组有倍极变速，也可非倍极变速；

（4）变极调速较之降压调速具有机械特性硬，效率高等优点；

（5）可根据负载特性而选用恒功、恒矩或变矩的调速特性；

（6）变极绕组只适用于鼠笼型转子的感应电动机。

二、单相绕组变极原理

单相电动机变极原理与三相相同，也主要采用反向法。反向变极就是通过外部改变

接线（如串联、并联）把一相绕组中的一半线圈极性（电流方向）改变来改变电动机绕组极数，图 2-67 是一台具有集中式绕组的罩极电动机定子，外壳为铁磁材料，定子有 4 个带短路环的凸形磁极，其中两个极上套有线圈。线圈为二路并联接线时如图 a 所示，在电源接通瞬间，根据右手螺旋定则，绕组在两极上产生 N、S 一对磁极，而不套线圈的凸极为中性，不产生磁极。这时，磁极数与线圈数相等，称为显极式绕组，若接通交流电源，则电动机按二极转速运行。如果将右侧线圈反向接入（见图 b)，则有线圈的两极便形成相同的极性（S)，根据同性相斥原理，定子上的磁路发生变化，即磁通形成的磁路如图中虚线所示，并在无线圈凸极上形成相反极性（N)，这时电动机变为 4 极。这种 4 极电动机只有两极上有线圈，即线圈数为极数的一半，称为庶极绕组。

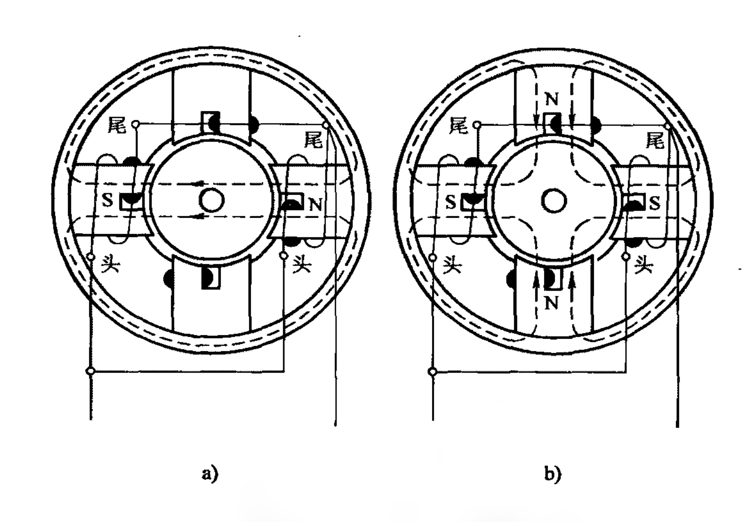


图 2-67 单相电动机反向变极原理示例

a) 2 极（显极接法） b) 4 极（庶极接法）

同理，反向法变极也可应用于单相电动机的分布式绕组，图 2-68 是用潘氏（本书作者创造的）画法绘制的变极原理图。图中是单相电动机一相绕组，每组由双圈组成，两组构成一相绕组。图 a 是两组线圈反极性（尾接尾）串联，通电瞬间各槽线圈极性（电流方向）如图所示。感应磁场方向如虚线，从而使一相绕组产生 N、S 二极。若改变一半线圈极性，将连接改为尾接头，使图上端的一组线圈电流反向，则定子磁场改变（见图 b)，从而使电机绕组变成 4 极。

此外，单相变极还有换相法，它是由两套常规的 60°相带的绕组分别排列而成，故方案排列不成问题，表 2-5 就是由 2 极和 4 极电动机排列而成的换相变极绕组表。它不但有反向线圈，而且还有换相线圈，故其接线安排才是变极的关键，对此将在后面的绕

组实例进行详细介绍。

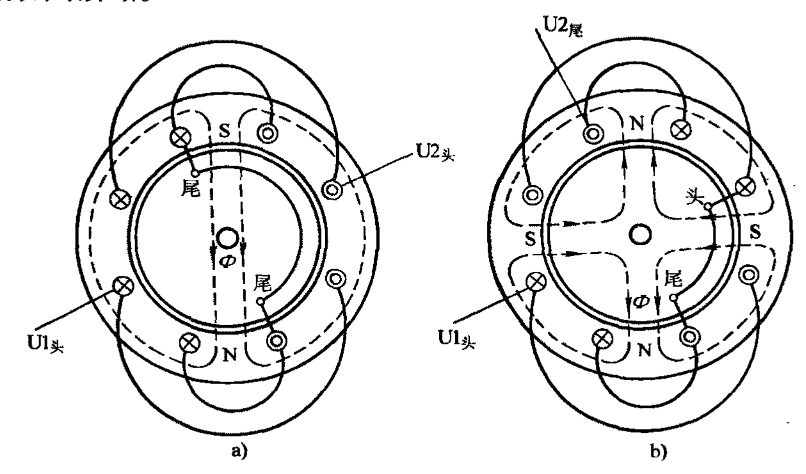


图 2-68　分布式一相绕组变极原理示意图

a) 2 极　b) 4 极

表 2-5　单相 16 槽 4/2 极（运行型）电动机换向变极绕组排列表

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2　极	m	m	m	m	a	a	a	a	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$
4　极	m	m	a	a	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$	m	m	a	a	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$
反向槽号					*	*	*	*	*	*	*	*				
变相槽号			*	*	*	*					*	*	*	*		

三、单相变极绕组的特性和接法

1. 单相变极电动机的特性

单相变极的接法只有一路串联（1L）和二路并联（2L），虽然接线型式较三相变极简单，但线圈接线依然要严格安排。此外，不同的变极接法可使变极电动机获得不同的输出特性，因为电动机输出转矩 T（N·m）

$$T = 9.55\frac{P}{n}$$

电动机变极后，其输出转矩也随之改变。通常，变极电动机有如下几种输出特性。

（1）恒功率输出特性　双速电动机在不同极数下工作时，具有近似相等的输出功率，称恒功率输出特性；但两种转速下的转矩是不相等的，即高速时电动机转矩小，低速则转矩大。

（2）恒转矩输出特性　电动机在两种转速下运行都有近似相同的输出转矩，称为恒转矩输出特性；其功率输出不相等，即高速时功率大，低速时功率小。

(3) 变转矩输出特性　变转矩输出特性介乎于前两者之间，可根据负载特性来选用。

不同的变极接法可获得相应的输出特性。单相变极电动机常用接线方案及其输出特性可参考表2-6。

2. 单相变极绕组的接线

单相变极绕组也有倍极比和非倍极比变极接线，但只能在串联和并联之间的转换来实现；而且根据线圈不同的极性特征，按一定的模式对各线圈的接线进行安排才能获得相应的变极效果。

表2-6　单相双速电动机接线方案与输出特性

方　案	变极比	接线方式		转矩比	功率比	输出特性
		多极数(P_D)	少极数(P_S)	T_D/T_S	P_D/P_S	
1	4/2	一路串联	一路串联	2	1	恒功率
2		一路串联	二路并联	1	0.5	恒转矩
3		二路并联	二路并联	2	1	恒功率
4	6/4	一路串联	一路串联	1.5	1	恒功率
5		一路串联	二路并联	0.75	0.5	可变转矩
6		二路并联	二路并联	1.5	1	恒功率

(1) 反向变极绕组接线　由反向变极原理可知，变极时必须使一半线圈的电流方向与原来相反，这个反向则通过具体的接线方法来变换实现。

1) 单相1/1-L变极绕组的接线方法　这是两种极数都采用1路接线的变极，“L”则表示单相电动机主、副绕组为L型接法。由于变极时，主、副绕组都各自有一半线圈需要反向，因此，反向变极接线图的每相由两部分组成，其中脚注“1”是变极时需反向的线圈；“2”则是不反向的线圈，如图2-69所示。此外，为方便接线和变换，还需画出引出线的端接图如图右。图中表明，低速（多极数）时，2与4，3与5连接，电源从1、7接入瞬间，变极组线圈电流方向如图中实线箭头所示；若变换到高速时电源从1、5进入，2与6，3与7连接，即把变极组M1、A1分别反向，则电流如虚线所示。为方便绘图，通常把变极绕组接线简化画法如图2-76b所示。

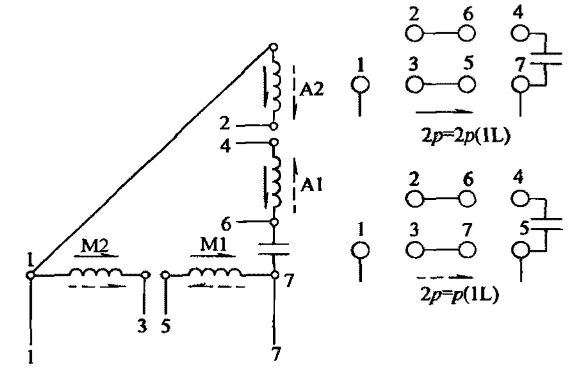


图2-69　单相（运行型）变极绕组1/1-L接法

本图属运行型双速，移相电容器无论在起动或运行都接入电路；若用于分相起动电动机，可将电容器换作起动开关常闭触点，如图2-70。

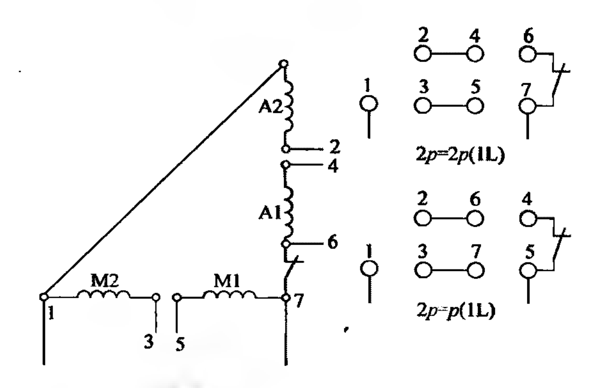


图 2-70　单相（起动型）变极绕组 1/1-L 接法

2）单相 1/2-L 变极绕组的接线方法　1/1-L 接法引出线较多，而且绕组变极时容易产生磁通密度不协调现象，故不是理想的接线方案。为此，单相变极可用 1/2-L 接法，它的出线仅用 6 根，而且，移相电容器接在固定端子，使控制线路得以简化。图 2-71 是 1/2-L 接法，多极时一路串联，起动元件接在 5、6 端，1 与 2 相接，电源从 1、5 接入，主、副绕组电流方向如实线箭头所示；变少极时，4、3，2、6，1、5 相接，绕组改为二路并联，电源从 3、5 进入，则 M1、A1 反向，电流如虚线箭头所示。实用的变极绕组接线简化后如图 2-75b 所示。

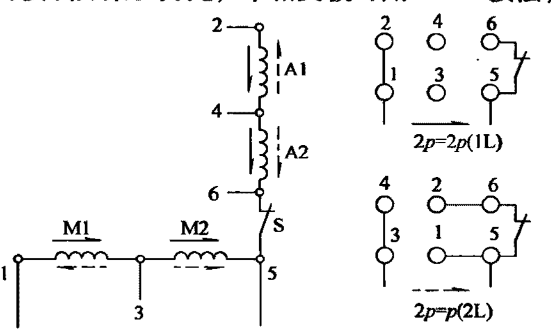


图 2-71　单相（起动型）变极绕组 1/2-L 接法

（2）换相变极绕组接线　反向法变极只改变一半线圈的极性达到变极的，它具有引出线少，接线较简和控制方便等特点，但绕组系数较低，从而影响两种转速下的出力。换相变极可使两种转速下得到较高的绕组系数，从而弥补反向法的不足，但它的引出线多，从而导致控制电路复杂。

此外，用反向法排出的非倍极比双速绕组很难满足全部对称平衡条件，而换相法的两种极数都是常规的 60°相带绕组，不存在绕组对称困难的问题。

表 2-7 是单相 24 槽 6/4 极的换相变极绕组排列表，4 极时每极相槽数 $q=3$，6 极 $q=2$，无疑它们均属 60°相带绕组。从表中可见，变极时，有部分线圈反向，部分改变相属，还有部分线圈既反向又变相，相反也有部分是不变向又不变相的线圈。因此，它的绕组变极接法又较反向法复杂。图 2-72 是 2/2-L 接法的换相变极的简化接线图。主、副绕组均有 4 个变极组，由少极数变多极数时，换相法各变极组的变化特征见表 2-8。

这里说明一下，单相绕组的变相是指主相（主绕组）和副相（副绕组）。图2-72中可见，少极数（$2p=P$）时端子1、7；4、5；6、8相连，主、副绕组电流分别从3和2进入，各变极组电流方向如实线箭头所指。当换接到多极数时，1与8、6与7、9与10相接，即把图中m_3、m_4与a_3、a_4换位，并使主绕组电流改从1、8进入；副绕组电流从6、7进入，电流方向如虚线箭头所指。

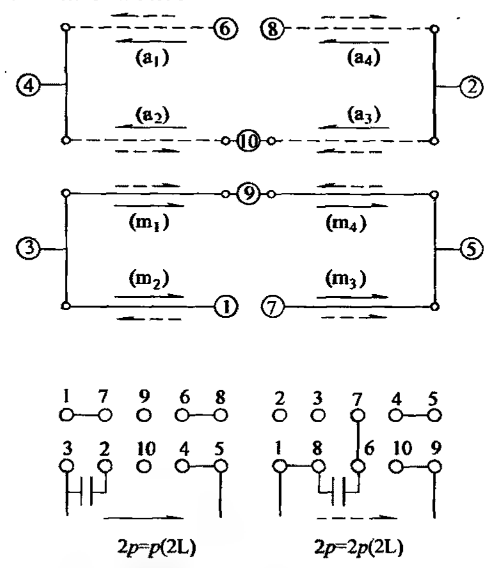


图2-72 单相换相法变极绕组2/2-L接法

表2-7 单相24槽6/4极电动机换相变极绕组排列表

槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4极	m	m	m	a	a	a	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$
6极	m	m	a	a	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$	m	m	a	a
反向槽号					*	*			*	*	*	*
变相槽号			*		*	*	*	*		*		
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4极	m	m	m	a	a	a	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$
6极	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$	m	m	a	a	$\bar{m}$	$\bar{m}$	$\bar{a}$	$\bar{a}$
反向槽号	*	*	*	*			*	*				
变相槽号			*		*	*	*	*		*		

表 2-8 单相换相法变极组变化特征表

主、副绕组变极组	变极特征	
	方向	相号
m_1、a_1	不变	不变
m_2、a_2	变	不变
m_3、a_3	不变	变
m_4、a_4	变	变

单相换相变极法虽引出线多，但容易安排对称绕组，不过要设计成两相绕组，即主、副绕组参数必须相同，否则换相不能成立。

四、单相电动机变极绕组

单相变极主要应用于电容运转和分相起动电动机，也适用于罩极电动机，但实际应用较少。下面介绍几例单相变极电动机绕组布线接线。

1. 反向变极电动机绕组

(1) 单相 16 槽 4/2 极 1/2-L 双速（双层）绕组　双层布线是双速电动机绕组的常规型式，图 2-73 是单相 16 槽 4/2 极运行型的双速绕组，主、副绕组占槽相等，即分别由 8 只线圈构成，并各自分成两个变极组，采用反向法变极，引出线 6 根。4 极为一路串联，电流分别从主、副绕组 1 和 2 端进入；2 极是二路并联，电流分别从 3 和 4 端进入分两路各自并行。移相电容器接在尾端。

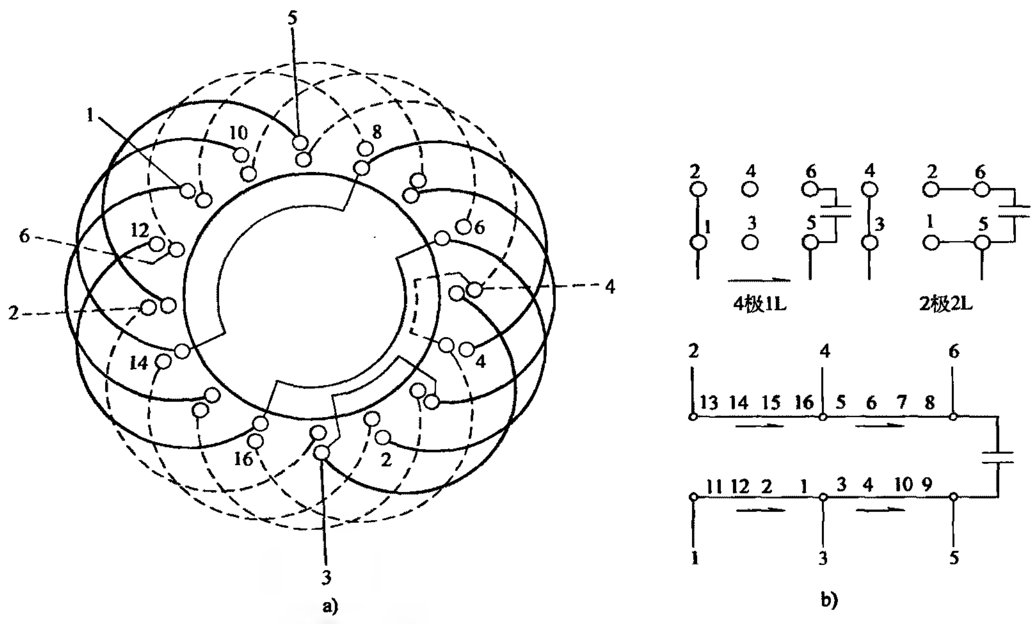
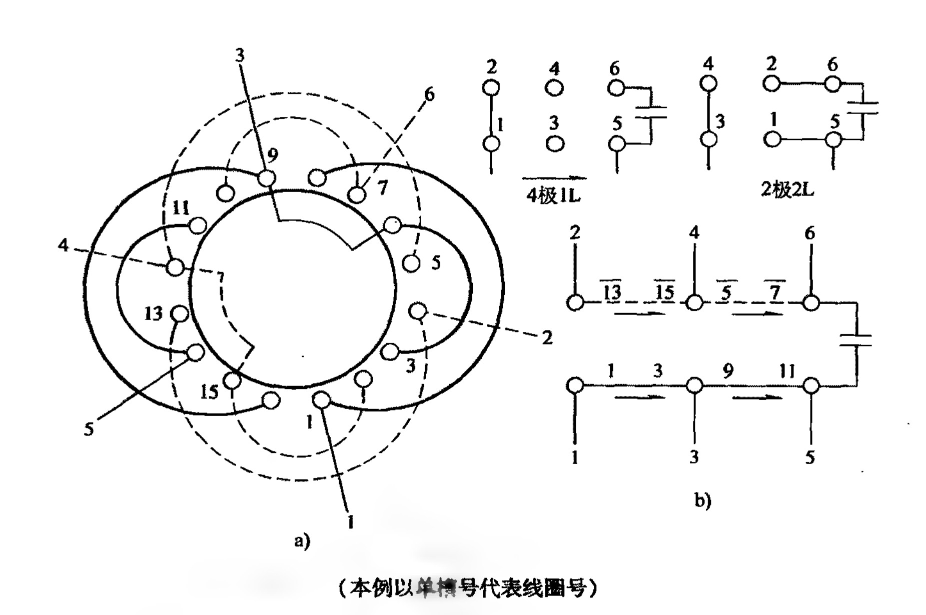


图 2-73　单相 16 槽 4/2 极 1/2-L 电容运转双速（双层）绕组

本方案采用双层布线可使绕组系数较高，但线圈数多，工艺性较差，特别在内腔较小的定子上使用会增加嵌线难度。

（2）单相16槽4/2极1/2-L双速（单层）绕组　本例也是单相电容运转双速电动机，但采用单层布线如图2-74所示。同样采用反向法变极，但线圈数要比上例减少一半，即绕组由4组同心双圈组成，主、副绕组各有两组，4极是一路串联；2极为二路并联，仍是2/1-L接法，引出线6根。



（本例以单槽号代表线圈号）

图2-74　单相16槽4/2极1/2-L电容运转双速（单层）绕组

本方案不但线圈数少，还可采用整嵌，故宜用于较小功率的双速电动机。

（3）单相18槽4/2极1/2-L双速（单双层）绕组　本例是起动型双速绕组，主绕组每组3圈，采用同心或布线，其中最大节距线圈安排双层；副绕组是同心双圈。主、副绕组均由两组线圈构成，接线如图2-75所示。本绕组线圈数较少，布线简练，接线也非常之简单，唯独绕组系数较低。绕组属起动型，但合理调整绕组参数，也可作运行型电动机绕组。

（4）单相24槽4/2极1/1-L分相起动双速（双层）绕组　本例布接线如图2-76所示。它采用一路串联变极，绕组由24只线圈组成，主、副占槽为2:1，每组线圈数相等，均由4只线圈为一组，但主绕组占4组，变极时两组需反向，两组不反向；副绕组每变极组则是一组线圈。此绕组引出线7根，比1/2-L接法多一根，绕组系数较单层布线略高，但线圈多，工艺性较差。

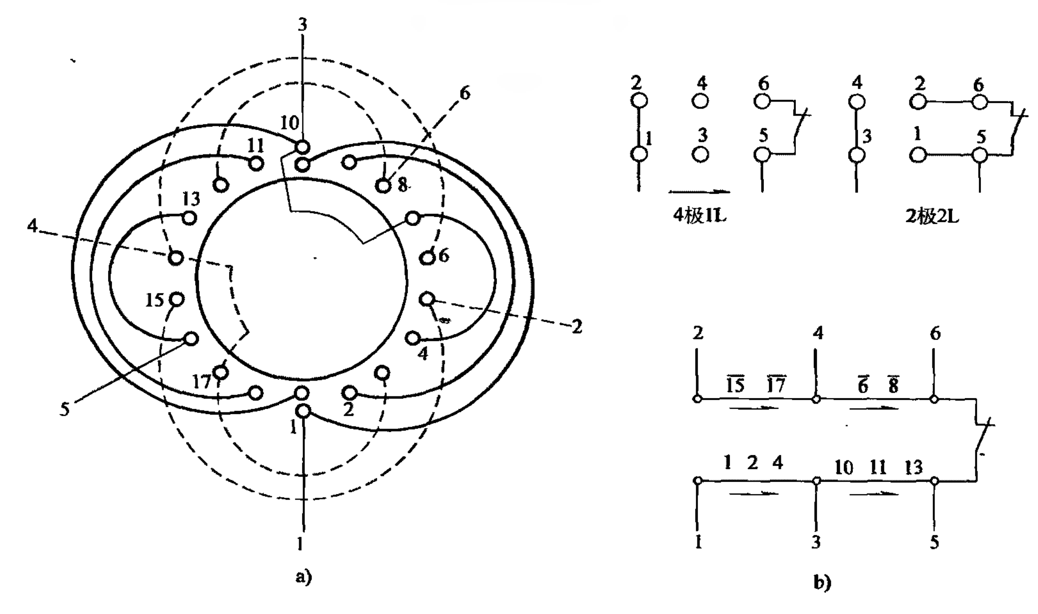


图 2-75　单相 18 槽 4/2 极 1/2-L 分相起动双速（单双层）绕组
（本绕组以图中标示的起始边同名端槽号为线圈号）

4极1L
2极1L
9-12
21-24
(5-8),(16-13)
(4-1),(17-20)
a)
b)

图 2-76　单相 24 槽 4/2 极 1/1-L 分相起动双速（双层）绕组

2. 换相变极电动机绕组

由于换相变极绕组有4种变极特征，通常采用2/2-L接法，引出线10根。

（1）单相16槽4/2极2/2-L接法换相变极双速绕组　本例是双层布线，由8组双联线圈组成，采用2/2-L接法，共有8个变极组，其中主、副绕组各有两变极组需换相。但绕组接线则比较简单，即从2极为准，依图2-77b上的实线箭头及方向连接便可。但变极控制比较麻烦，2极将端子1与7、4与5、6与8连通，电流从主绕组的3端及副绕组的2端（串接电容器）进入；4极时将1与8、6与7、9与10接通，主绕组电流从1进入，副绕组则串接移相电容后从6进入。

此绕组线圈数多，工艺性较差，但两种极数的绕组系数都高，适合两种转速都要求有较大输出的场合。

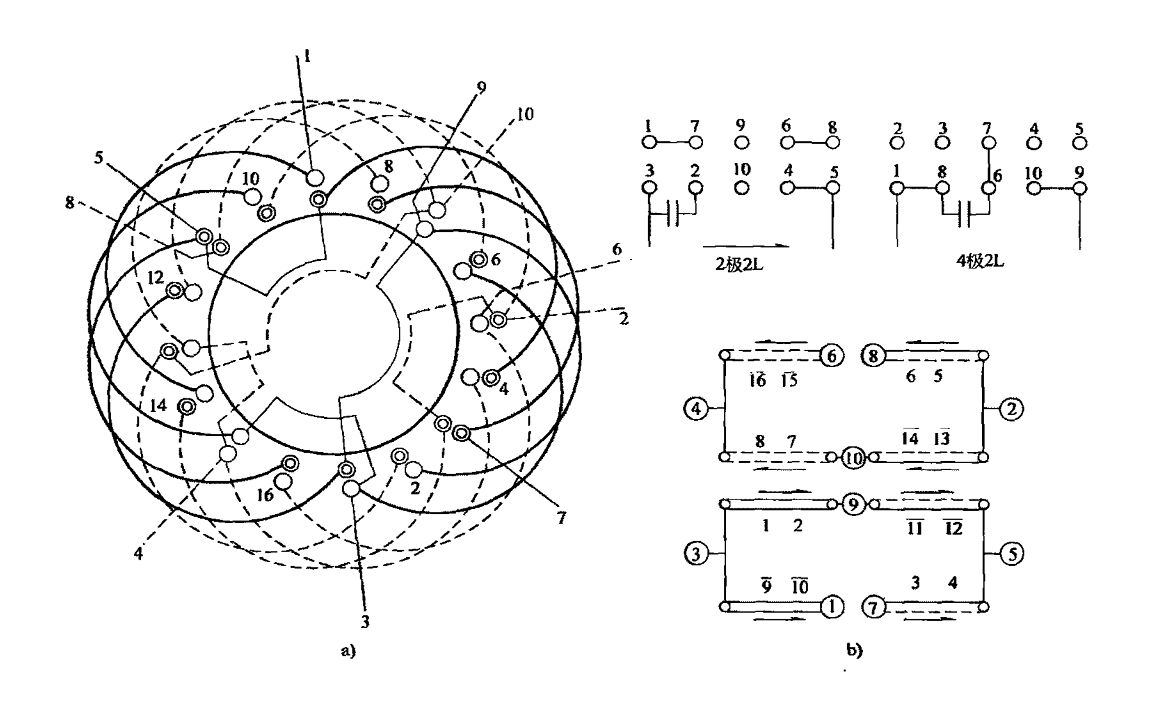


图2-77　单相16槽4/2极2/2-L换相变极双速绕组

（2）单相24槽6/4极2/2-L接法换相变极双速绕组　图2-78是非倍极比的换相变极绕组，绕组由单、双圈组成，每相有4个变极组，每组由一个单圈和两个双圈组串联而成。4极为2L接法，将引出端1与7、6与8、4与5分别相连，主、副绕组电流分别从3和2进入，电流方向如图b所示。6极也是2L接法，但主、副绕组有一半线圈换

相，即将图 b 右侧两变极组的主、副绕组调换位置；并连接 9 与 10 端，使主绕组电流从 1 和 8 进入，副绕组电流串接电容后从 6 和 7 进入。此双速绕组采用换相变极，两种极数都是 60°相带绕组，故其绕组系数高，适用于两种转速下要求最大输出的场合使用；但绕组接线和调速控制都较繁。

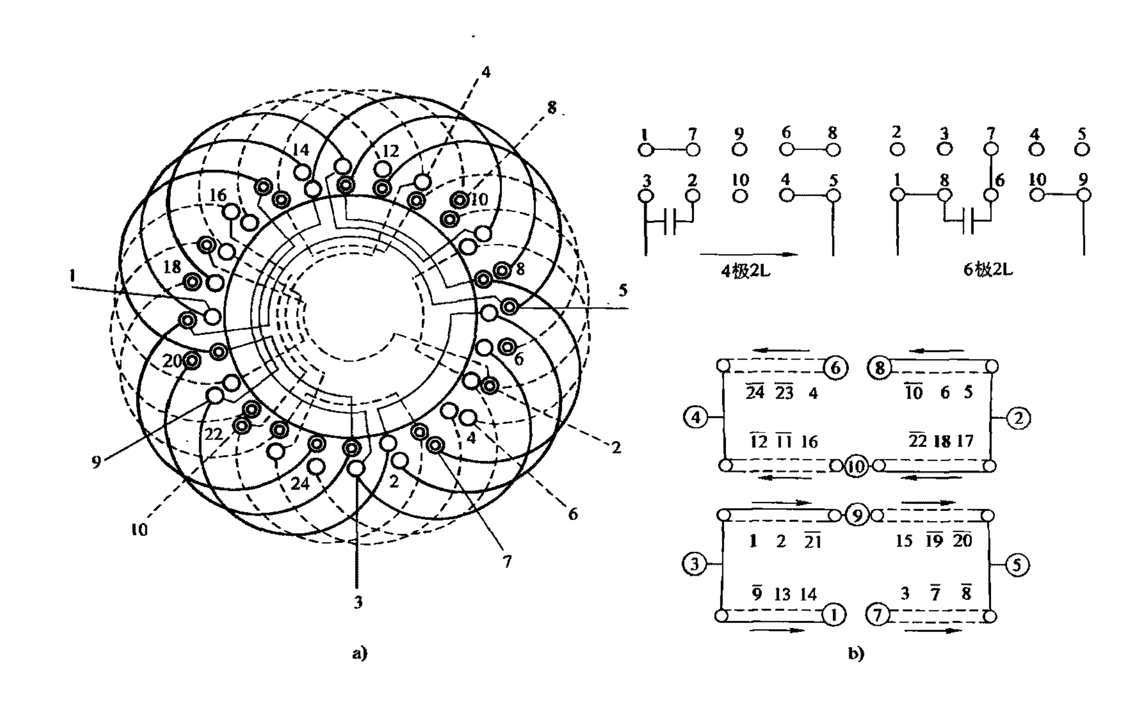


图 2-78　单相 24 槽 6/4 极 2/2-L 换相变极双速绕组

换相变极绕组有部分线圈需换相，绕组布接线图的线圈（端部）的相属是按少极数时画出，即主绕组为实线，副绕组是虚线；槽中有效边为双圈时表示该线圈变极时需换相。

再次重申：换相变极 2L 接法的绕组是名符其实的两相绕组，主、副绕组参数必须完全相同，否则无法实现。

此外，若干年前某电工杂志曾介绍过一例单相双速正弦绕组文章，现据摘录整理后，将原来 8 根引出线简化为 6 根，用潘氏（作者独创）画法绘成布接线如图 2-79 所示。原文主、副绕组正弦分布是用表 2-1 的方案 6，并称两种极数下的三次谐波为零，且能有效削减五、七次谐波强度。然而，作者认为，正弦匝数分布率与极数（极距）有关，变极时匝数分布率不能随极数改变，则正弦效果就无从保证，因此值得商讨。不过，作为反向法变极，采用等匝线圈的 4/2 极双速，则此变极绕组构成成立。但由于线

圈数多，工艺性比较差。仅供参考。

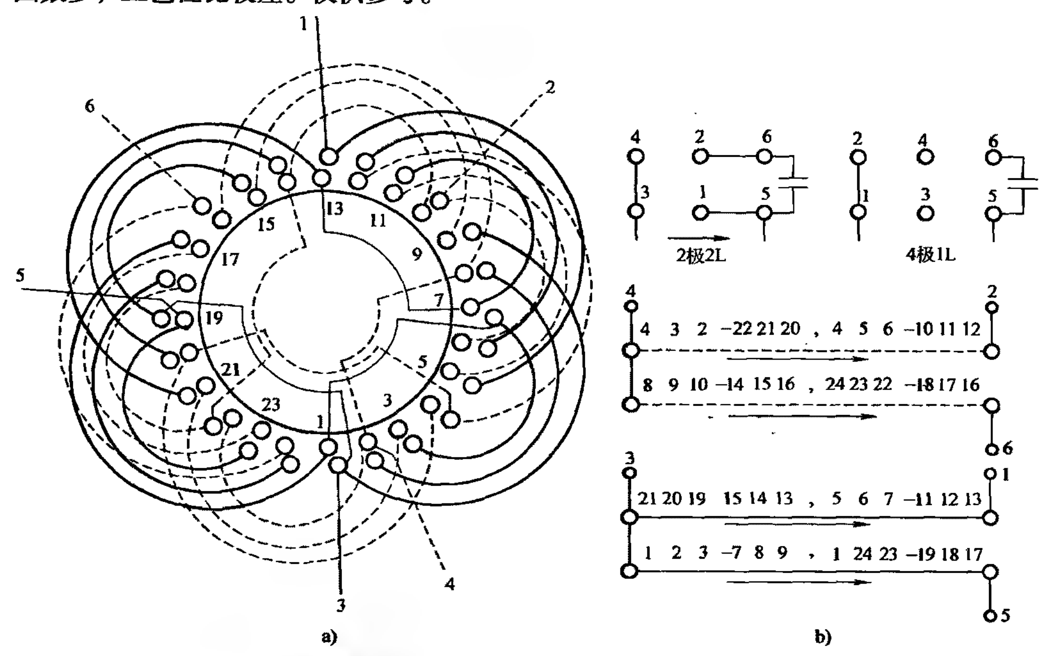


图 2-79 单相 24 槽 4/2 极 1/2-L 接法同心式布线双速绕组

第七节 分布式罩极绕组

罩极电动机是家用电器早期使用的主要动力源，由于其效率极低，目前已很少应用。而本属淘汰之列的电机品种，却因其结构简单、制造成本低廉，且没有故障率极高的起动开关，并能顽强地在烟尘弥漫的恶劣环境中正常工作，所以，目前在厨炊等场合仍被大量应用。

分布式罩极电动机虽有主、副绕组，但它的副绕组与电源没有直接的交连，可说是名符其实的单相绕组。副绕组是由较粗的绝缘导线绕罩在每极铁心的部分槽上，匝数不多但首尾短接，形成自行闭合的短路绕组。

一、分布式罩极电动机绕组的布线和接线

它的主绕组有叠式、同心式和正弦式等多种型式；分布式罩极绕组一般只有几匝，常用手绕法直接嵌绕在相应槽的上层。罩极绕组布线型式可与主绕组相同，如都用叠式，也可不同。罩极可用单圈、双圈及多圈几种，但形成自行闭合的接线形式有如下几种：

（1）单极短接　以绕在每一极之下的罩极线圈为一单元，并首尾短接。这种接法的罩极绕组回路电阻较小且只能增减线圈匝数来调节罩极电流。

（2）多极单路串联　这是应用较普遍的罩极接法，如图2-80所示，它以绕入槽开始，按规定绕满一极线圈后再反向绕入相邻罩极匝数，绕满全部极后将导线的尾端与起端短接起来，使全部罩极绕组形成一个闭合回路。这种接法的罩极电阻较大而起动电流小，且全部只有一个接点，工艺性较好。

（3）多极多路串联　主要采用二路串联，它是将每极下的两个罩极线圈作为两个单元，分别与邻极单元线圈串联，从而构成两个串联的闭合回路的并行罩极。

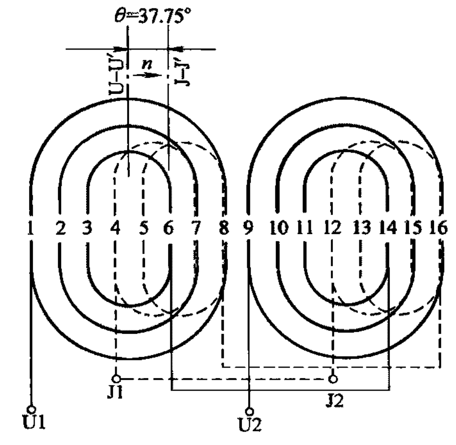


图2-80　分布式罩极电动机绕组布线与接线示例

罩极虽不与主绕组直接交连，但其极性也要随主绕组改变，即连接也是一正一反。此外，罩极绕组既有显极布线，也用庶极布线。

二、电动机性能与罩极偏角

罩极电动机的性能主要取决于主、副绕组的安排。通常，主绕组采用正弦布线优于其它型式，所以修理时应考虑用正弦绕组代替其它绕组重绕；再就是主、副绕组在定子空间的相隔位置，通常的单相电动机要求相隔90°电角，但罩极电动机的副绕组不与电源交连，其感电动势源自主绕组，如果罩极安置于相距90°电角则感应电势趋于零，电动机就无法起动了。所以罩极都安置偏离主磁场30°~60°电角空间，这个偏移角度就称罩极偏角 θ，它是罩极磁场中心线与主磁场中心相距的电角，如图2-80中 $\theta=37.75°$。一般而言，偏角小则电动机运行性能较优；反之偏角大则起动性能较好。为了兼顾起动和运行性能，常取偏角 $\theta=45°$ 电角。

三、罩极线圈的安排与电动机转向

一般单相电动机是将主、副绕组中之一个绕组的首尾调换来使电动机反转，但罩极电动机只有主绕组的两根出线，故不能用改变极性来使电动机反转。因为罩极电动机的转向取决于罩极绕组与主绕组的相对位置，即转子由定子铁心每极未罩部分向罩极部分旋转，也就是说，转子转向由主绕组磁场中心（*U-U'*）向罩极中心（*J-J'*）转动，如图2-80中箭头 n 所指。所以要改变罩极电动机转向，必须重新安排罩极绕组的位置。

此外，罩极绕组在定子的位置也影响电动机性能，通常安排罩极绕组要考虑以下因素：

（1）罩极绕组的安排是唯一决定电动机转向的条件，所以安排罩极线圈位置是首要因素；

（2）罩极偏角 θ 是影响电机性能的重要因素，一般可取 $\theta=45°$ 以兼顾起动和运行性能；如果电动机是空载起动，则取较小的 θ 值使之获得较优的运行性能；若电动机带负载起动则取较大的 θ 值；

(3) 安排罩极时要尽量避免个别槽满率过高，特别是主绕组正弦布线时要避开最大节距（匝数最多）的线圈；

(4) 罩极偏角的改变可整体移动，也可缩短或增大节距来改变偏角。但罩极的宽度宜控制在（1/3～2/3）τ 左右，如果取值过大或过小都会影响电动机的起动性能。

四、分布式罩极电动机绕组

主绕组每极由多圈组成，为改善电动机性能，目前产品较多采用正弦绕组布线。产品中的罩极绕组采用形式很多，但有的安排并不合理，下面根据不同的罩极型式，择其几例布局比较合理或具有典型特点的示例介绍如下：

1. 24槽2极叠式布线单极短接罩极绕组

图2-81是一台鼓风机用罩极电动机，绕组为单层叠式布线，主绕组每极5圈，两极线圈组反接串联；罩极是每极双圈，两极线圈分别如图短接于A、B点，本例绕组极距τ＝12槽罩极宽度是7槽，约占极距的1/2多一点；每槽电角$\alpha=15°$，主、副绕组偏移3槽，即罩极偏角$\theta=45°$，其安排属能兼顾起动和运行的绕组型式。

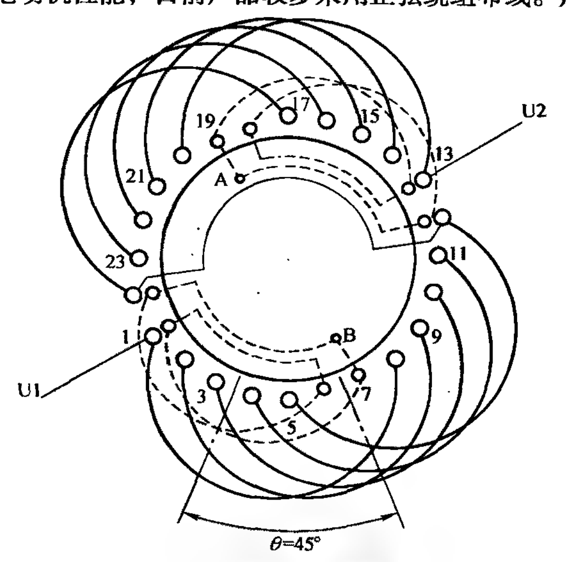


图2-81　24槽2极叠式布线单极短接罩极绕组

2. 24槽2极叠式布线多极单路串联罩极绕组

本例主绕组也是采用单层叠式布线，每极5圈，是显极绕组，常规接线，即组间“尾与头”串联。每罩极也是交叠双圈，与上例不同的是罩极覆盖面加宽到2/3τ；同时罩极连接以每极线圈组为单元，如图2-82中，从起点A起绕一极，再反绕另极，形成一路串联后短接于A。此绕组安排罩极偏角$\theta=52.5°$，属于加强起动性能的设计。

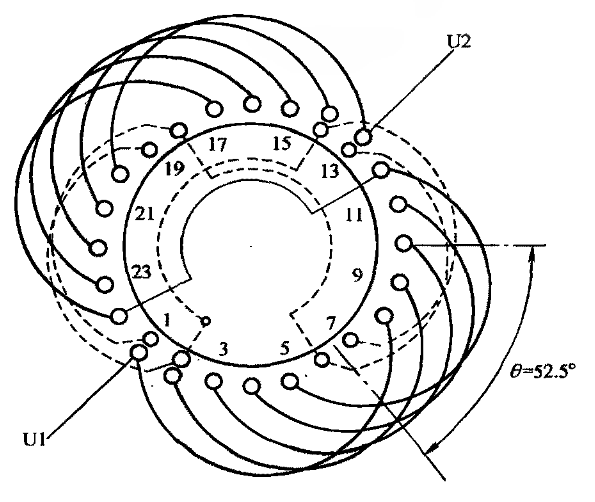


图2-82　24槽2极叠式布线多极单路串联罩极绕组

3. 24槽4极正弦布线多极单线圈串联罩极绕组

图 2-83 主绕组用正弦布线，每极 3 圈，接线是按常规反接串联。罩极安排庶极，只用两组极性相同的交叠线圈构成 4 极。它是与上例不同的多极单路接线型式，即本例以单只线圈为单元，将每极中对应的单只线圈逐极串联，然后再与另一线圈逐极串联，最后在起点 A 短接构成单一闭合回路。这种接法可在相同罩极圈数下，用连接线长度的增加来调节（增加）罩极电阻，以适度减少罩极电流。

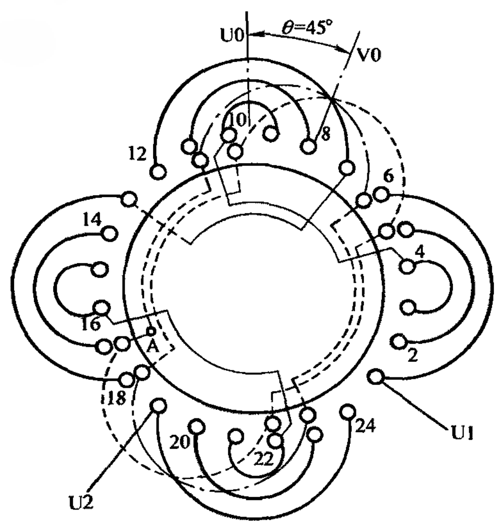


图 2-83　24 槽 4 极正弦布线多极单线圈串联罩极绕组

此绕组采用正弦布线，能较好地削减谐波干扰，选用 45°偏角也能兼顾起动和运行性能适中，但罩极宽度超过极距，不够理想。

4. 24 槽 2 极正弦布线二路串联罩极绕组

图 2-84 是多极多路串联罩极示例。主绕组采用 B 类正弦，每极 5 圈，两极线圈反极性连接。罩极安排偏角 $\theta=45°$，每罩极有两只交叠线圈，分别属于二个单元，接线时分二路连接，一路从 A 点起绕一个罩极线圈后反绕到另一极相应线圈，再把尾端与 A 点短接；另一路从 B 点开始，同样经两极后短接于 B 点，这样，罩极就形成两个串联回路。这种接法也是利用连接线增长来调节（增加）罩极回路的电阻。

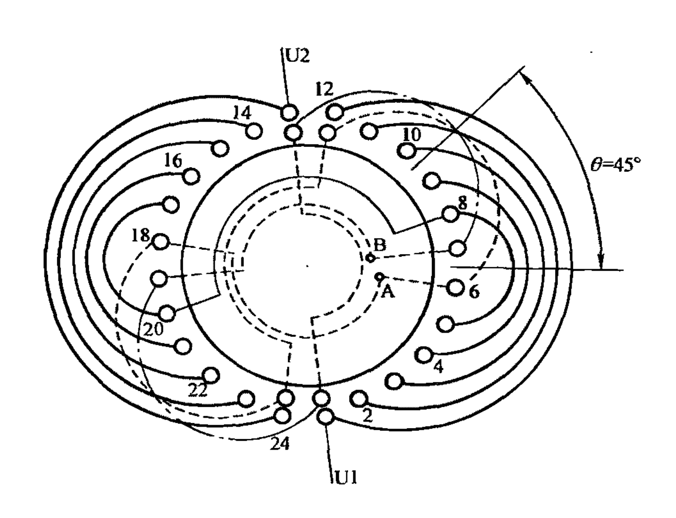


图 2-84　24 槽 2 极正弦布线多极二路串联罩极绕组

第八节　单相换向器电动机绕组

单相串励电动机的结构虽有定子和转子，但却有别于前述的单相电动机，它的电枢是转子，电源通过换向器交连。产品分通用（一般用途）系列和专用系列，但功率都不大，极少超过1kW，主要用于自动控制系统的机械源动力及轻便型电动器具等。

一、绕组型式

（1）定子绕组　单相串励电动机是凸极式定子铁心，一般设计成2极的，由两只集中式线圈分别套在定子凸极上。线圈的固定有不同形式，但最常用的如图2-85所示，它用铁片制成条状扣压片，穿过铁心外缘凹部再折成“U”状套入线圈，然后反扣固定。两极线圈的常规连接是反极性串联，但要注意，有时会因重绕时没有同规格导线而改换参数，将串联改为反极性并联的。

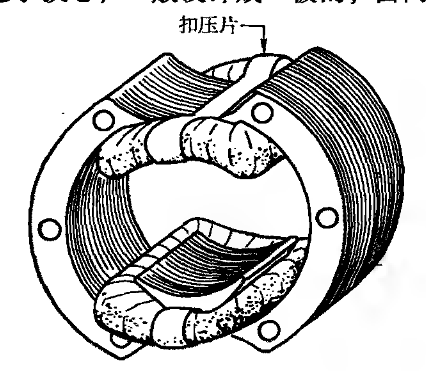


图2-85　串励电动机定子线圈的固定方法

（2）电枢绕组　单相串励电动机的电枢是转子绕组（包括换向器），绕组是单叠式，实际是双层布线的绕组，其特点是每个（线圈）元件的头和尾接入相邻两个换向片上，各元件按次序通过换向器串联，并把最后的元件尾端接到换向片1，从而构成闭合回路，如图2-86所示。

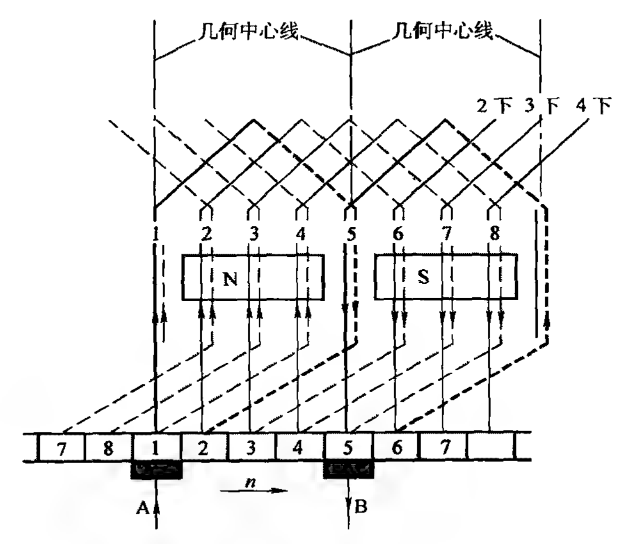


图2-86　单叠绕组展开图示例

($z_0=8$, $s=8$, $k=8$, $y_k=1$)

二、单相串励电枢绕组的主要参数

1. 电枢绕组的槽数

电枢绕组的槽数有不同的含义，转子铁心的槽数称实槽数 z_0 线圈从起始槽跨极距绕行到某槽，这个线圈可以用 1 根绝缘导线绕制，也可由几根并行绕成，例如用 3 根一起并行绕入槽内，即 $n=3$，这时线圈包含 3 个小线圈，并分别有 3 个头端和 3 个尾端。这个小线圈就称“元件”，即槽中线圈由 3 个元件组成。那么，在这个实槽中就想像成 3 个虚槽，即每个元件代表一个虚槽。

2. 单叠绕组的节距

节距有两种形式

（1）实槽节距　它是以转子实槽计算的线圈跨距

$$y=\frac{z}{2}-\varepsilon(\text{槽})$$

（2）虚槽节距　它是以元件数计的虚槽计算的元件跨距

$$y_0=\frac{z_0}{2}-n\varepsilon$$

式中 ε 值是为使节距槽数凑整而设的分数。

（3）换向片节距　它是不变的，即

$$y_k=\pm 1(\text{片})$$

也就是说，单叠绕组一个元件的两根引线必定接在相邻两换向片上；但有两种接法：一是右行（+1）接法，即元件尾端接到头端换向片的右侧，这是常用的接法；二是左行（-1）接法，该元件尾端接到头端换向片的左侧，极少应用。

（4）单叠绕组槽数、元件数、换向片数的关系　绕组的虚槽数

$$z_0=nz(\text{槽})$$

实用上，每槽元件数 $n=1\sim3$，极少超过 3 的；若 $n=1$ 时，$z_0=z$，即虚槽数等于实槽数。

因为虚槽是以元件数为单位的，所以元件数也等于虚槽数；另外，每换向片上接入二个线端，故换向片数也与元件数相等。从而形成如下关系：

$$z_0=nz=s=k$$

式中　z_0——虚槽数；

z——转子实槽数；

n——每槽（或每线圈）元件数；

s——电枢绕组总元件数；

k——换向器片数。

三、单叠绕组布线接线画法的形式

单相串励电枢绕组与直流串激电动机基本相同，对反映绕组布接线的画法介绍如下：

1. 平面展开画法

它是以虚槽为单位的绕组展开图，前图 2-86 就是 $z_0=8$ 的单叠绕组展开图。它便于理论分析，是教科书常用来表示绕组布线和接线的形式。

2. 端面模拟画法

以虚槽绘制的平面展开图不能反映转子的实槽，很不直观。为此，作者独创了以实槽为单位的端面模拟画法如图 2-87 所示。它是 4 槽转子从换向器端面视向画出的实际布线接线图。图中外圈代表转子铁心外径，内心部分是换向器。以槽 1 为起始槽，线圈跨入槽 3（跨距槽），每线圈有 2 个元件，即 $n=2$，分别用实线和虚线表示，二元件首端接入换向片 1、2；尾端从跨距槽引出后，对应接到片 2、3。图 2-86 就是它的平面展开图。

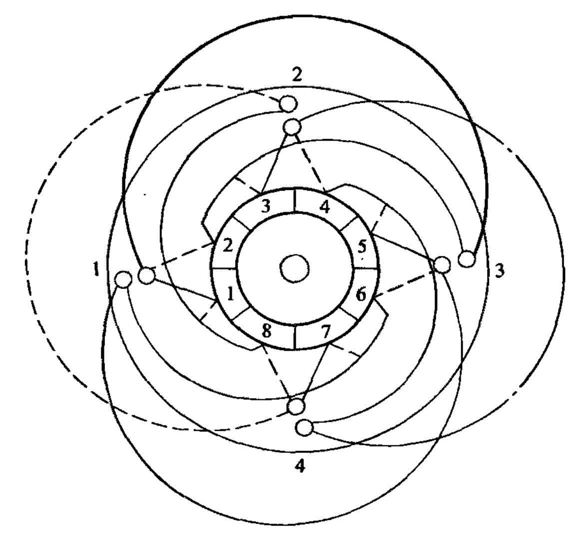


图 2-87 单相串励电枢（转子）绕组端面模拟图示例

3. 端面模拟的平面图及绕组布接线的示意画法

图 2-88 是根据端面模拟图 2-87 绘制的平面展开图，它以实槽为单位，但也能反映虚槽的分布，是能直观地表现绕组实际布线和接线的绕组画法。但与端面模拟图共有的缺点，就是整图较繁，绘制相当不易，故普及使用很难。为此，作者据此创造一种简便的画法。

它是根据端面模拟图绘制成平面展开图，再取起始的 1 号槽线圈的布线和接线，绘制成单叠绕组布线接线示意图如图 2-89 所示。图中有效边“1”是起始槽号，“3”是跨距槽，即线圈节距 $y=1\sim3$，它由 2 元件组成，元件 1（实线）头端接入换向片 1，尾端接到片 2；元件 2（虚线）头、尾分别接到片 2、片 3。同理类推可顺次把 2 号及其他线圈安排接线，最后的元件尾端接到片 1，从而使绕组形成闭合回路。这种画法清楚明了，而且简单实用。

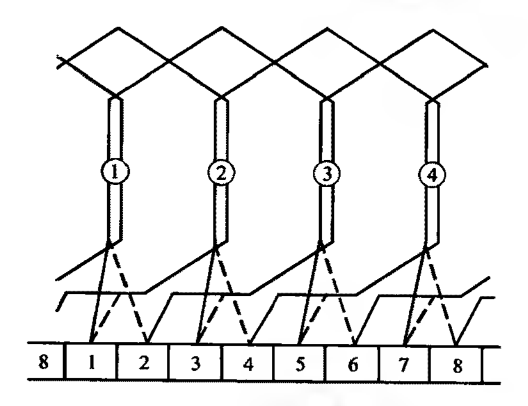


图 2-88　用实槽绘制的单叠绕组展开图
($z=4$, $2p=2$, $z_0=s=k=8$, $n=2$)

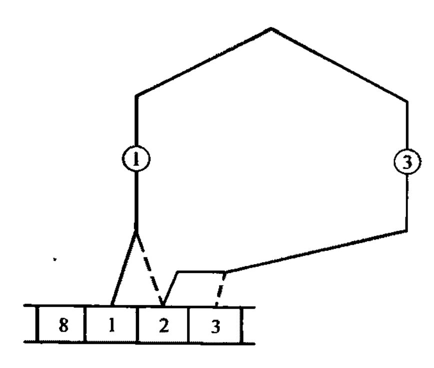


图 2-89　单叠绕组布接线示意图示例
($z=4$, $2p=2$, $z_0=s=k=8$, $n=2$, $y_k=1$)

四、单叠绕组布接线形式与方法

单叠绕组的布线有两种形式，一种是不对称布线，如图 2-90a 所示，另一种是对称布线，如图（b），在单相串励电动机中，主要采用不对称布线。但接入换向器时有两种方法：

1. 单叠绕组“正对”接法

单相串励电动机的转子装配结构分两类：

（1）A 类结构　它的转子槽中心线与换向器的云母片中心线重合；

（2）B 类结构　它的转子槽中心线与换向片的中心线重合。

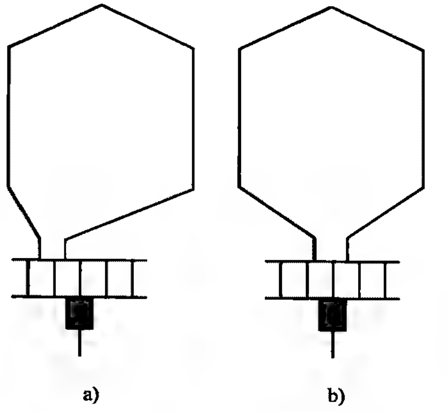


图 2-90　电枢绕组的布线形式
a）不对称布线　b）对称布线

若每槽元件数为奇数（如 $n=3$）时，如图 2-91（a），转子是 B 类，起始的 1 号槽线圈元件分别接入 1、2、3 片，而一组（n）换向片的中心正好落在片 2 中心线上，它的槽中心线与换向器 n 片中心线是重合的，故此绕组是“正对”接法。

如每槽线圈的元件是偶数，如图（b）$n=2$，槽中心线与换向片中心线重合，属 A 类结构。线圈 1 的 2 元件接入片 1、2，其中心线在 1、2 片之间的云母片，并与槽中心线重合，也属“正对”接法。

2. 单叠绕组的“借偏”接法

除上述两种接线是“正对”外，其余均属“非正对”的“借偏”接法。但借偏可以是整片，也可半片，而偏移量并无定数，所以拆修时一定要查明并作记录。图 2-92 是借偏接线的示例。图 a 是 B 类结构，$n=3$，n 片中心在片 2 向右偏移 1 片，即向右借偏 1 片接线。图 b 是以跨距槽为基准的左行绕组，转子是 A 类结构，对基准槽中心而

言，也是向右借偏 1.5 片。

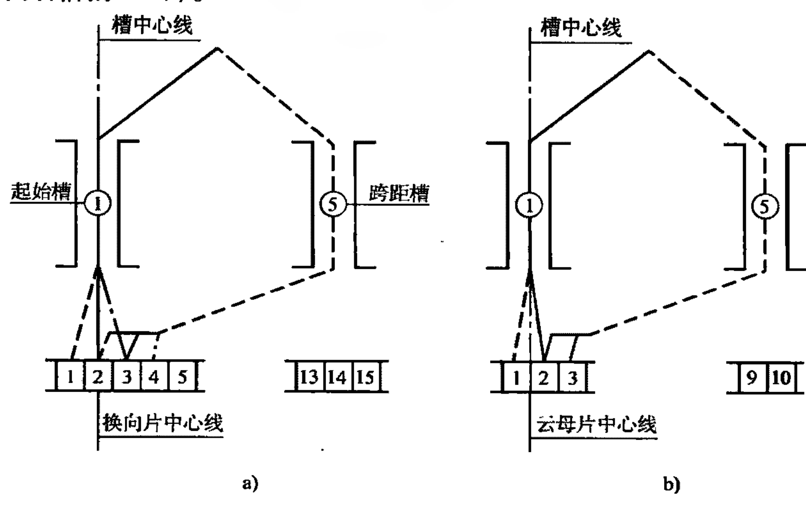


图 2-91　电枢单叠绕组的正对接线示例

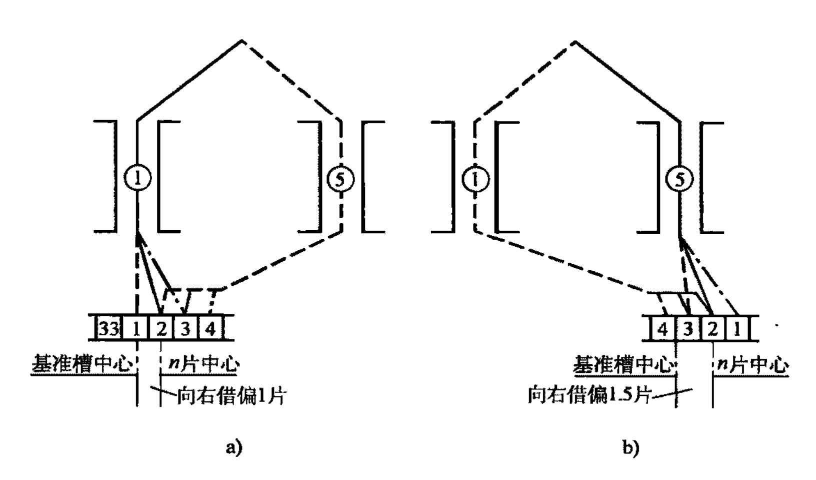


图 2-92　电枢单叠绕组的借偏接线示例

第三章　单相电动机的故障与修理

第一节　单相电动机绕组典型故障及检修

随着社会进步，人民生活质量的提高，各种生活电器已普遍进入家庭，作为电动器具动力源的电动机，其修理任务也与日俱增。对电动机而言，最易受损的是绕组，因此，修理电动机多属绕组故障的修理，而绕组的损坏，常见的无非如下四种典型的故障。

一、绕组接地

绕组接地是指绕组绝缘受损而与铁心或机壳造成非正常接通现象。绕组接地后，会使机壳金属部分带电，可能使某些控制电路失控；还会造成绕组局部发热而导致更严重的绕组冒烟烧毁；若人体触及故障带电部位，便会引起人身触电伤亡事故。所以，电动机发生接地故障必须停机检修。

造成绕组接地的原因很多，如潮湿、过热、雷击、过压，绝缘老化以及机械损伤引起的拖底，环境不良造成腐蚀，操作不熟练造成绕组嵌绕工艺不良等等，都可能造成电机绕组的接地故障。

绕组接地故障的检查方法很多，常用的有如下几种：

1. 绝缘电阻表（兆欧表）检测

绝缘电阻表也俗称“摇表”，属高电阻测量仪表。使用时被测物必须脱离电源，用仪表绝缘导线把摇表的“地”（E）端与电机金属壳或转轴连接；再把线路（L）端与电机绕组相连。然后以每分钟约 120 转的速度转动摇柄，当指针为 0 时表示绕组接地。但是，由于电动机长期使用，绝缘会逐渐老化，若停机后受不良环境影响，会使绝缘电阻下降到较低水平，而这种接地称为非金属性接地，可通过提高绕组绝缘性能来恢复绝缘；而把绕组导线金属直接与外壳（铁心）相碰的称为“金属性”接地。

使用兆欧表检查绝缘是规范的方法，对单相电动机及家用电动机，应选用电压等级为 500V 的兆欧表测量。

2. 万用电表检查

兆欧表检查有时难以确认金属性接地或非金属性接地，这时可用万用表 R×10k（或 R×k）档进行复查。测量时表笔分别接绕组及金属外壳，若测量电阻为零，可判定为金属性接地故障；如存在较小电阻值则说明绕组是非金属性接地，可进一步查明原因，提高或恢复绕组的绝缘水平。

3. 试灯检查

试灯是修理工场最简便的常用工具，即在电源上串接一只灯泡，如图 3-1 所示。测

试时灯泡发亮，说明绕组接地；灯泡微亮是绝缘受损引起非金属接地；如灯泡不亮则绕组绝缘良好。有时，灯泡不亮，但测试棒点触电动机绕组（另一棒接壳）时出现火花，说明绕组尚未击穿，只是严重受潮。如果抽出转子用试灯检查接地，有时还能根据出现的火花或击穿时的冒烟现象，方便地找出故障点。

所以，试灯是电修工作的方便工具，但它毕竟带电进行，使用者要注意安全；另外为避免测试中损坏绝缘，一般不要用过大功率的灯泡，最好使用8～25W小灯泡。

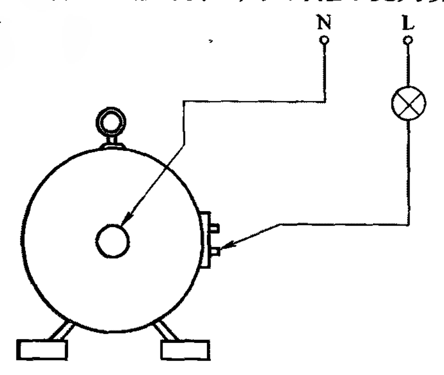


图3-1　用试灯检查绕组故障

二、绕组短路

绕组短路故障是因绝缘损坏造成，而单相运行、严重过载、电源过压、机械碰伤、制造不良等则是绝缘破坏的原因。绕组短路故障可分为相间短路、组间短路、线圈组内短路及匝间短路等。造成绕组短路后，定子磁场分布不均匀，将使电动机运行时出现剧烈振动和噪声，严重时不能起动；通电时间稍长则导致短路绕圈发热，甚至冒烟而烧毁。

单相电动机绕组检查方法主要有：

1. 外部探视法

绕组短路故障会在短路点产生高热而可能使此处的绝缘物冒烟或发出焦臭味。因此，对疑是短路故障的电动机，可先拆卸两端盖并抽出转子，仔细观察绕组端部是否有绝缘变黑或焦味。如绕组看不出明显异常，绝缘测量也正常则重新装回，然后通电空载运转10～20min（发现异常立即停机），断电后迅速拆卸，用手探测绕组各部位，如某部位的温度明显较高，则此处可能有故障点，应注重检查。这种方法简单，但很难得到令人满意的效果。

2. 仪表检查法

（1）兆欧表检查相间短路　单相交流电动机有主、副绕组，实属两相绕组的电动机，如将公共点拆开后，可用兆欧表测量主、副绕组间的绝缘电阻，如有短路则电阻值为零。测量最好选用250V规格兆欧表，否则可用500V代替。

（2）用电压降检查组间短路　把有故障的同相绕组的各组线圈连线的绝缘皮剥开，在该相首尾端通入50～100V交流电，然后如图3-2所示，分别测量各线圈组的电压降，凡读数相差较多且数值最小者是可能短路故障的线圈组。采用此法，如能找出组内线圈的过线，同理也可查找有短路故障的线圈。

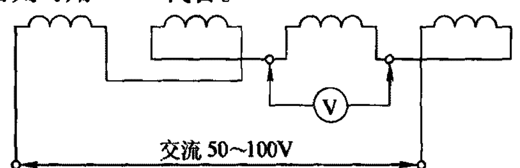


图3-2　用电压降法检查短路绕组

（3）用电阻法检查组间短路　如果绕组是金属性短路，可测量相绕组中各个线圈组的直流电阻值，阻值较小且偏差超过平均值5%以上者，可能是短路线圈组。但此法

对非金属性短路故障无效。

（4）短路探测器检查　探测器是用 H 形硅钢片叠装而成的开口变压器，线圈绕在铁心凹部，如图 3-3 所示。使用时将探测器开口处置于被检的定子铁心内腔槽口上，串接电流表后接通交流电源，这时，探测器线圈相当于变压器初级绕组，被检测定子槽内的线圈成为次级绕组。若槽内线圈无短路现象，相当于变压器空载，初级电流很小；若槽内线圈短路，则相当于次级短路，反映到初级的电流表读数就增大。这时可用一支旧钢锯片放在被测线圈另一有效边所在槽口上，锯片会因短路电流所产生的磁场而被吸引振动，并发出强烈的吱吱声。

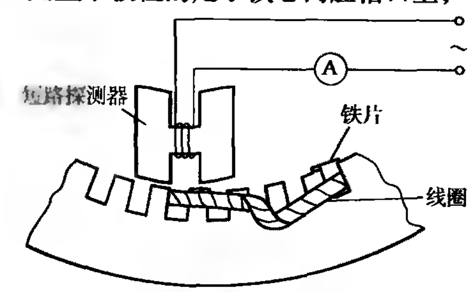


图 3-3　用短路探测器检查短路线圈

采用此法，把探测器沿定子铁心内圆逐槽移动检测，便可找到有短路故障的线圈。

三、绕组断路

绕组在机械碰撞下容易发生断路；另外，焊接工艺不良或焊剂腐蚀等都可能导致绕组断路故障。单相电动机发生绕组断路便无法起动。

单相电动机绕组断路的检查方法：

1. 电阻检测法

绕组电阻检测可用欧姆表或万用电表（欧姆档）。检测时分别找出主、副绕组，如果从 4 根引出线中无法区分两绕组者或有断路故障；若电动机引出 3 根线，则从公共引出线对其余二线分别检测应为通路，若表指无穷大即表示该绕组断路。

2. 试灯检查法

用试灯检查时方法与上法相同，但区别是灯亮为通路，灯不亮是断路。

断路故障的检查还可查出故障线圈组或断路线圈。如图 3-4 所示，检测不通者即是断路线圈组；同理也可找出断路的线圈。但由于目前电动机绕组都采用连绕工艺，一般不易找出线圈间的过线，故给判断故障线圈造成困难。

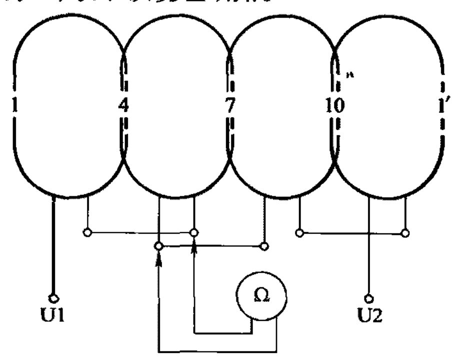


图 3-4　电阻检测法检查绕组断路线圈（组）

此外，断路故障也可能不在线圈，当查出断路故障后，应详细检查故障绕组的连接点，它的松脱或氧化也会造成断路故障。对非线圈断路的故障。只要将开断的线头清理干净，重新用锡焊牢，然后包扎绝缘即可。

四、绕组接错

单相电动机绕组接错故障没有三相那么复杂，它主要包括下列几种：

1. 线圈组极性错反的检查

单相电动机定子绕组一般都采用常规的显极布线，即相邻同相线圈组极性相反，如果其中某线圈组违反此原则即称为极性错反。对此故障的电动机，起动时有较强噪声或转不起来，即使勉强进入运行，其速度也会变慢；而且定子超常发热。定子绕组的极性检查可用指南针，卸开端盖，抽出转子，把3～6V 直流电源接入一相绕组，然后用指南针沿定子内圆表面移动，逐极线圈检查，如图3-5所示。若指南针指示违反极性规律，则是该极线圈组接反。但是，单相电动机中，也有将副绕组设计成庶极型式，即相邻两组线圈是同极性的。对此进行极性检查时应予注意。

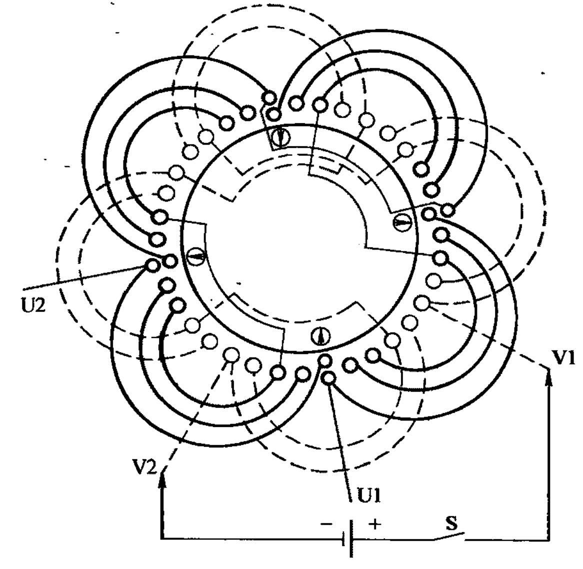


图3-5　用指南针检查每极绕组极性的方法

2. 主、副绕组倒错的检查

单相电动机的正确接线是副绕组串联起动元件后与主绕组并接于电源；如果误将起动元件串入主绕组则称主、副绕组倒错。这种错接造成的故障表像比较复杂，因为单相电动机的主绕组是按电磁交换特性设计的，绕组的参数必须符合电磁性能的规范；而副绕组是根据起动品质来决定的，其绕组参数是脱离电磁设计的规范的。所以主、副绕组倒错后有的不能起动；有的虽能起动，但运转后很快发热甚至烧毁；有的反转而且还可能长期运行而无明显异状。

由于单相电动机的专用型式很多，对主、副倒错很难找出一个万全的检查方法，但就一般用途单相电动机而言，可用万用电表分别检测两个绕组的电阻。通常是电阻值较小的一相是主绕组；较大电阻为副绕组。但要注意，当功率较小（$<120W$）的电阻分相起动电动机则相反，它的主绕组电阻反而大于副绕组。

3. 一相极性接错的处理

对三相电动机的一相绕组极性错反会造成严重后果，但单相电动机则不然，充其量只是电动机反转而已，一般都不算故障。因此，如果检修后电动机反转，只要把副绕组的首尾调反接线即可恢复原来转向。如果重绕后的电动机反转，也可照上述方法进行调整。但是，对某些专用电动机的主、副连接公共点接在机壳内而引出3根线时，如空调压缩机用电动机还不允许反转工作，一旦重绕完成后要改变转向就要卸开重接，极不方便。为此，通常要在重绕接线时控制好转向。图3-6是单相电动机主副绕组安排接线与转向的关系：当主、副线圈（组）相邻时，若电流方向相同，则电动机是从副绕组转向主绕组，如图中 n 所示；反之，若相邻绕组的电流相反，则从主绕组转向副绕组。

五、绕组故障的检修

电动机故障严重时，绕组大面积损坏甚至烧毁，这样需要拆修重绕。但是往往电机绕组绝缘依然良好，损坏仅发生在绕组局部，这时可对线圈进行局部的修理，使电动机尽快恢复投运，不但节省材料，也利于生产。绕组局部检修的方法如下：

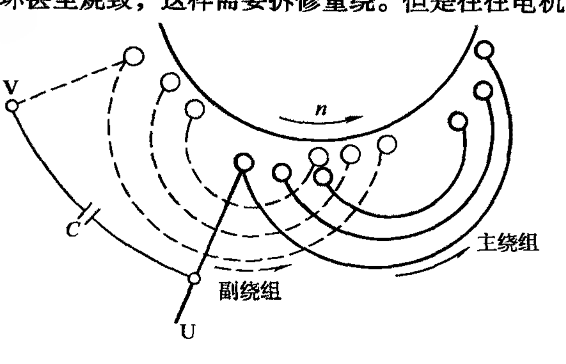


图 3-6　单相电动机主、副绕组安排、接线与转向关系

1. 加强绝缘法

绕组绝缘是电机安全的第一要素，如果绝缘损坏，轻者电流泄漏，重者则造成绕组烧毁。因此，加强绝缘是排除绕组故障的重要手段。

（1）绕组绝缘水平的测定与处理　电动机经长期运转则绝缘会逐渐老化，若受潮气入浸等便会使绕组非故障性绝缘水平下降，致使泄漏电流增大，从而引发故障。单相电动机绕组绝缘一般用 500V 规格的兆欧表测量，绕组对地及主、副绕组之间的绝缘电阻 R_i，要求大于 0.38MΩ 为合格；若小于此值必须进行烘干处理，使绝缘水平达到 2MΩ 以上时，对绕组浇注 1032 绝缘漆，再烘干后才使用。

（2）加强绝缘的检修　对绕组绝缘损坏而造成的接地或短路等击穿性故障，如果尚未造成严重后果时，可把故障点清理干净后，用绝缘材料将击穿点隔开包扎以加强绝缘。然后涂上 1032 绝缘漆，烘干即可使局部绝缘的破坏得以恢复。

2. 跳接法排除故障

绕组短路、接地及断路故障如果尚未曼延，都可采用跳接法。它是把故障线圈从绕组中切除出去的一种应急措施。它主要适用于确定故障存在，但又不能从外表观察到故障点，或故障点在槽内。这时可将故障线圈的端部剪断，再包好绝缘，然后把与此线圈串联的前后两线圈连接起来，如图 3-7a 所示。这样便可跳过故障线圈，使电动机作应急运行。

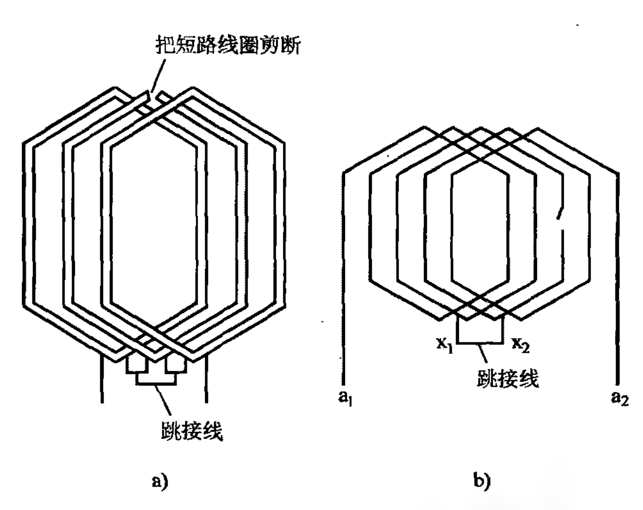


图 3-7　故障线圈跳接的示意图
a）线圈短路故障跳接示意　b）线匝断路故障跳接示意

为了获得更好的修理效果，跳接法还可进行线匝跳接。具体做法是对查不到断裂点的断

路线圈，在该线圈端部交错刮开线匝的绝缘层，如图3-7b所示，找出互相不通的几点x_1、x_2…，再检测x_1与a_1；x_2与a_2分别相通（如不通要多选几点，而且要求其电阻尽量大）然后将x_1与x_2用线连接起来，垫好绝缘并包扎好。这样便可跳过有断路故障的线匝，使电动机恢复投运。对大多数单相电动机来说，实施跳接法排除故障，一般都能使电动机安全运行一段很长的时间。

3. 绕组局部重绕修理

单相电动机的副绕组导线较细，但它却要承受强大的起动电流，故损坏率较高，为了便于检修，通常都将其安排在槽的上层。如果主绕组绝缘良好而副绕组或调速绕组损坏时，可进行局部更换重绕。修理方法如下：

把定子放在温度100~105℃中加热30min，取出凉至70~80℃时，用浓度80%~90%的酒精刷涂在待拆线圈表面，等绕组绝缘稍作软化后，把损坏的副绕组拆除，清理干净并小心揭下主、副绕组间的绝缘层，但注意不要伤及主绕组。然后按原来规格制作新线圈，垫入新绝缘层再把线圈嵌入相应槽内，完成后接线、绝缘处理及烘干。经检查合格可空载试验，如无异常，便可按重绕常规进行浸漆、烘干处理。

绕组典型故障检修内容不但用于一般用途单相电动机，除换向器式电动机绕组检修于后介绍外，对其他单相专用电动机的检修可以此为参考而不再重述。

第二节　单相电动机常见故障及检修

一、单相电动机常见故障

分相电动机的故障总体分两大类：一类在电磁方面，主要是绕组故障；另一类属机械结构方面，它包括定、转子结构及其他附属件等的损坏。然而，电动机故障原因复杂，在同一原因则可能会出现不同的表象，而相同的表面现象又可能由不同原因的故障所引起。所以，处理故障必须通过检查和了解情况、综合分析才能作出判断。表3-1是分相电动机常见故障现象及可能原因的综合，可供检修时参考。

表3-1　单相分相电动机的故障现象与故障原因

故障现象	故障原因	
电动机不能起动	电气方面	1. 电源电压不符合 2. 起动开关触点损坏处于开断状态 3. 分相电容器损坏、失效或容量过小 4. 主绕组有断路、短路或接地 5. 电动机过负载使保护装置动作切断电源 6. 转子严重断条或端环断裂
	机械方面	1. 轴承卡死、锈蚀或损坏 2. 端盖安装位置不正 3. 转轴弯曲造成与定子相擦（扫膛） 4. 转子铁心与转轴配合过松产生滑动 5. 负载过重或机械部分局部卡死

（续）

故障现象	故障原因	
电动机转速慢	电气方面	1. 电源电压过低 2. 电动机超负载 3. 副绕组没有脱离电源（起动型） 4. 主绕组有局部短路 5. 主绕组有部分接线错误 6. 转子导条脱焊或严重断裂
	机械方面	1. 轴承损坏或轴承室与轴承配合过紧 2. 转子没有轴窜量，运行发热卡紧 3. 端盖安装不正，没有校正好 4. 负载过重或有机械故障
电动机温升过高	电气方面	1. 主绕组有短路 2. 主副绕组间有短路、接地 3. 副绕组没有脱离电源运行（起动型） 4. 电源电压过低或过高
	机械方面	1. 电动机超负载运行 2. 轴承损坏，轴承油过多或缺油，有杂质 3. 电动机冷却风道堵塞
电动机运行时有噪声	电磁方面	1. 绕组极性有错接 2. 绕组有局部短路 3. 转子导条脱焊或松动、断裂 4. 铁心硅钢片有个别断裂、振动
	机械方面	1. 纸屑或杂物进入电机内腔 2. 槽楔高出铁心或绝缘纸凸出 3. 风罩开裂或松动 4. 风罩装配位置不正造成与叶片碰擦 5. 风冷却叶片松动 6. 轴承间隙过大 7. 轴承油混入杂质或尘粒 8. 转子的轴向窜量过大 9. 转子的动平衡没有校正好 10. 离心开关部件松动产生机械碰擦

二、机械故障的检修方法

上节介绍的四大典型故障已基本概括了绕组故障。此外，机械的损坏也是导致电动机故障的重要原因，它主要包括：

（一）电机轴承的发热原因及处理

轴承发热使润滑脂熔化而渗漏，造成滚珠轴承缺油运行，又使进一步发热恶性循环，直至轴承烧坏为止。

单相电动机滚动轴承发热原因及改善方法见表3-2。

表 3-2 单相电动机滚动轴承发热原因及改善方法

序号	轴承发热原因	检查处理及改善方法
1	润滑脂质量不好或混有杂质	根据使用说明按规定换用新的润滑脂，并检查油中应不含其它杂质
2	润滑脂的注入量不适当	润滑油量应为腔内的 1/2～2/3；使用中可打开轴承端盖检查，油量能充满滚珠轴承为合适
3	轴承盖与轴相擦	1. 检查轴、孔配合处有否敲毛，如有应予修整 2. 检查轴承是否磨损，如超过规定应更换
4	轴承座孔偏心或对孔轴线交叉	校验不符合要求者，可填焊后重新加工
5	轴承与轴颈或座孔配合过松或过紧	检查加工尺寸应使轴承与轴颈、轴承与座孔的配合应符合附录附表 3-1 要求
6	轴承外圈滑动旋转	轴承外圈与轴承座配合应符合附录附表 3-1 要求
7	轴承磨损	检查轴承径向间隙应不大于 0.08mm
8	轴承（转子）游隙不足	检查轴承应有 0.5～0.75mm 的轴向游隙
9	轴肩过大，磨到轴承密封件	将轴肩车小到轴承内圈外径尺寸
10	转轴弯	拆卸后在精密机床或平台上检查并校正，或更新新轴

（二）轴承损坏的检查方法

滚动轴承损坏后的运行特征是有噪声、振动和发热。轴承损坏通常可由下列方法检查确定：

1）听声音检查　当轴承滚珠损坏，或轴承滚道有砂子、铁屑或其他杂物；运行时会发出不均匀的噪声，严重时可直接听出来并伴随着振动；轻微的也可用螺丝刀一端靠近轴承盖，木柄一端贴在耳边辨别。

2）松动检查　当轴承发出异常噪声时，应检查轴承是否损坏，轴承油是否混入杂质；然后将轴承清洗干净后，用手以轴向摇动轴承外圈应无明显晃动。否则说明轴承磨损过度，应予换新。

3）外观检查　当检查轴承无明显松动时，先检查夹持圈等有无松脱或发蓝变色；滚珠有无锈斑或因金属疲劳造成的脱皮或崩裂现象。如无则用手推动轴承外圈，使其利用惯性转动，并任其自行减速停止。好的轴承在整个自转过程中都是平稳的；如当停止前有倒退或停止前突然卡死时，可再清洗并用压缩空气吹干后再试。如仍无改善说明轴承已有缺陷，应予更换。

（三）损坏轴承的拆卸方法

1）工具拆卸　球轴承常用“拉马”方法进行拉卸，拆卸如图 3-8 所示。将拉钩勾住轴承内圈，螺旋顶杆通过定心钢珠压向轴端，旋动手柄即可将轴承退出。也可利用图 3-9 简单

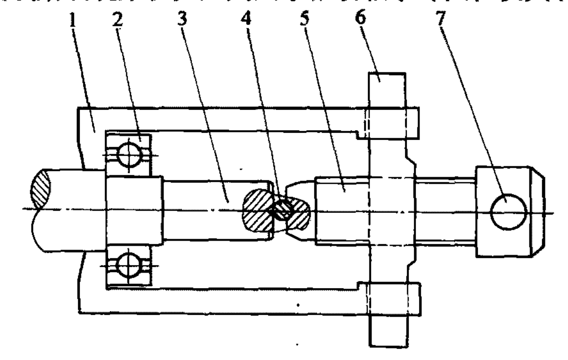


图 3-8　球轴承拆卸工具之一

1—“拉马”钩　2—轴承　3—电机轴端　4—定心钢铁　5—螺旋顶杆　6—“拉马”臂　7—旋柄插孔

拆卸工具将轴承拉出。

2）敲落法拆卸　对于内径较小的轴承，可用铜棒或铁棒如图 3-10 所示的方法把轴承敲落。如果轴承后小盖的退位较小，则可用一根长约半米的扁嘴钢撬棍插入轴承内圈上，另一端垫在木块上用手掌压住撬棍，然后用铁锤猛击近轴承一端，使钢撬棍受力退出轴承。敲打时要使轴承内圈受力，且要边打边转动，使其平均受力。

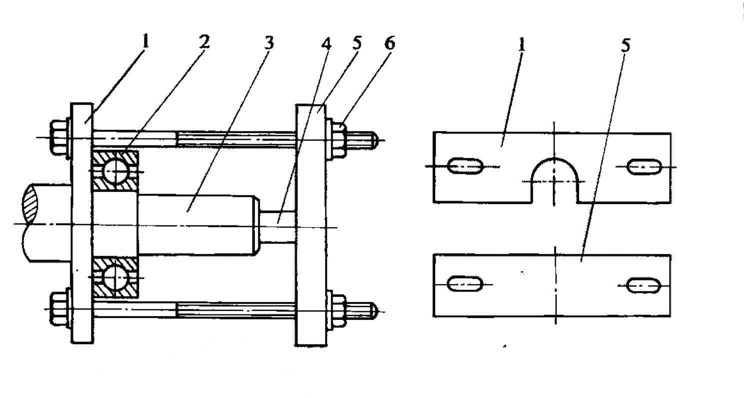


图 3-9　球轴承拆卸工具之二
1—拉板　2—轴承　3—电机轴端　4—垫块　5—压板　6—拉卸螺帽

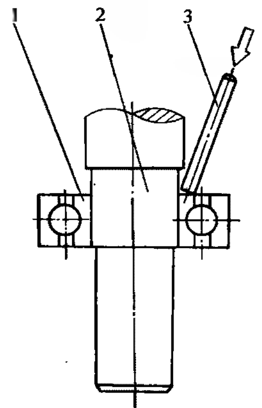


图 3-10　轴承敲落拆卸
1—轴承　2—机轴　3—铜棒

3）加热拆卸　为了不损坏轴承，可先用湿布包住转轴，将加热到 120℃左右的机油浇淋在轴承内圈上，采用上法边浇边拉，使其退出。这种方法只能在浇油起 3～5min 内有效，时间过长则应待其冷却后重新进行操作。

（四）轴承的装配方法

无论是新、旧轴承，在装配前都要清洗、检查后才能使用。单相电动机轴承的安装一般采用两种方法：

1）热套法　把轴承清洗干净后，悬于热油中加热到 100℃左右，经 10～15min 取出，迅速套入轴上，并稍加压力将其压到轴肩位。

2）冷压法　冷压安装用于轴径较小的轴承。通常是用一内径稍大于轴承内径的衬套（最好是铜质），一端焊平后用手锤敲打衬套平头将轴承敲入。如有条件，则最好用压力机均匀压入。

（五）转轴的损坏和修理

单相电动机一般功率小，其轴径也不大，如果使用或装配、拆卸不当就容易损坏。转轴的损坏有轴头弯曲、裂纹、断裂、轴颈磨损及键槽损坏等。

由于单相电动机转轴都较细，转轴出现明显缺陷，通常都不进行修复，而只作更换新轴处理。

此外，对转轴与转子铁心的配合松动、移位等故障，如果轴承部位良好，可将松动的轴退出，在与铁心相配部位上车床作滚花处理后，重新压回转子原位，经检查无异常

即可使用。如果压回后出现轴弯或其它损伤，就必须重新换轴。

（六）机械装配结构的检查

1. 定、转子轴向“走游”（轴向位移）的检查

转子与定子铁心相对位置的配合情况，即对齐与否是对起动转矩及输出功率，都有直接的影响。通常是通过轴向走游来检查判断。电动机装配各部位均有配合公差要求，单相电动机的轴向走游约在0.1～0.15mm。如果电动机走游过大，则如上所述影响运行性能；过小则当运行温度升高后，因热涨而造成摩擦损耗增加，严重时甚至出现“扎死”现象。

走游的检查，在专业工厂用专用的测定装置检查，如无测定设备，也可用深度游标尺或通用游标尺测量。测量时将装配好的电动机轴的一端垂直着地（平台），用深度尺测量轴端到端盖某点的轴伸长度 L_1；然后将电动机架空，将上轴端推压向下，再测得轴伸为 L_2，则电动机实测走游 $\Delta l = L_1 - L_2$。

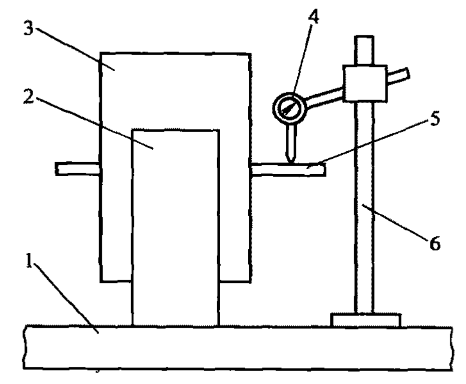


图3-11 电动机轴径向跳动的检查
1—钳工平台 2—钳工V形铁
3—转子铁心 4—千分表
5—转子轴 6—支架

2. 机轴径向跳动的检查

将电动机置在钳工平台的V形铁槽内，要放稳固，用千分表触头检测轴的上表面，如图3-11所示，用手轻轻转动轴端，观察千分表指示的数值变化范围（Δh = 最大值 - 最小值），即是轴的径向跳动。正常电动机径向跳动不应超过0.02～0.05mm。如果数值过大，容易引起转子拖底故障。

三、转子绕组的故障检查

笼形转子本属绕组，但其笼型绕组没有绝缘因素，就其故障的成因则纯属机械造成，故将其内容移至本节。

转子制造工艺不良或材料质量不符合要求是造成转子笼条砂眼、断裂故障的主要原因。转子断条后电动机转矩下降，空转时严重发热；但一般空载无异常，带负载后会明显无力并转速下降，甚至带不起负载。

1. 笼型转子断条的检查

（1）外观检查　仔细观察转子槽口的异常痕迹，如有过热变色点、裂纹、砂眼等均是断条故障的迹象。

（2）试验比较检查　用同样的完好转子换上试验作比较，以此来确定原来转子是否有缺陷。这种方法在家电维修中常被采用。

（3）铁粉检测　在转子两端环通入低压强电流，将铸铁粉撒在转子上，并逐渐调高电压，使铁心的磁场增强到能吸附铁粉，凡无铁粉粘附的槽即是笼条断裂的故障槽。

（4）互感探测检查　互感探测器见《电动机修理手册》单行本《三相交流电动机修理》。它由感应器和探测器组成，当感应器接通电源后，其磁通通过转子铁心及笼条

交链到探测器铁心，当探测器铁心跨于断条槽口上时，相当于探测器的短路线圈开路；这时通过铁心的磁通增加，故毫伏表读数增大，说明笼条断裂。

（5）笼条质量检查仪检查　质检仪电路如图3-12所示。使用时将转子放在两开口变压器T_2、T_3上，T_2绕组由电源变压器T_1供电，T_2的磁场由被测转子铁心及笼型绕组交链到T_3，其交链磁场取决于转子绕组，即被测笼条质量正常时，其感应电流通过T_3线圈反映出来，并经晶体放大电路由微安表指示数值；若被测笼条断裂或有缺陷，则电流相应减少，视缺陷程度而定。一般有缺陷时将减少为正常值的一半；若完全断裂，则仪表指示得更为明显。因此，它是一种结构简单又使用方便的故障检测仪器。

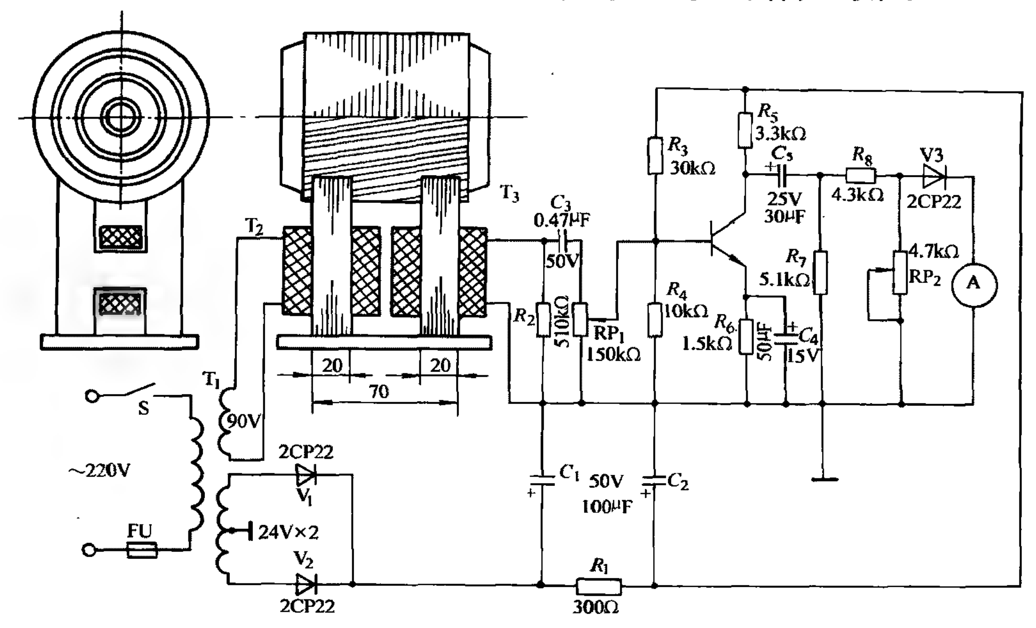


图3-12　笼型转子质量检查仪电路

2. 笼型转子断条的修理方法

单相笼型转子故障和三相电机大致相同，但由于三相电机转子较大，一般可作重铸修复，但对微型转子损坏后通常都弃而换新。如换新困难或属家电维修点，不妨试用下述方法进行修复：

（1）挤压法　当转子槽内铸铝有个别断裂或砂眼时，可将槽口铸铝向内挤压。此法虽然不能使转子完全恢复，但可在一定程度上减轻故障症状。

（2）换铜条修复法　如果铝条或端环严重断裂，不能用上法修理，但一般家电维修点不具备重铸转子的工艺条件，这时可将端环锯去，选用与转子槽宽相等的钻头将铸铝笼条钻去，并用直径相同的铜条插入孔内，两端打弯，使之重叠成一圈，然后用火焊将其焊接成一端环。对微小的转子，也可用合金锡将两端堆焊成端环，最后车去多余部分，即可使用。

第三节　分相电动机起动元（部）件的检修

起动元件是分相电动机必不可缺的部件，它主要包括：起动开关和移相电容器等。

一、单相电动机的起动开关

（一）离心开关的故障检修

1. 离心开关的结构特点

离心开关是分相起动电动机较常采用的起动装置，它装在电动机内部的转子轴上。起动前，触点处于闭合状态，使副绕组与主绕组并接于电源，当转速约达到72%～83%额定值时，由离心力作用而使触点离开，从而切断副绕组电源。

离心开关有甩臂式和簧片式两种。图3-13是甩臂式离心开关，它由固定在端盖上并相互绝缘的两半铜环组成的开关两极，转动部分固定在转轴上，并与转子绝缘；三只甩臂是导体，前端镶有电刷均布在半圆铜环圆周上，并由拉簧使与铜环保持接触，当起动转速达到规定值时，甩臂的离心力克服拉簧张力，与铜环脱离接触，从而使铜环两极处于开断状态，切断副绕组电源。

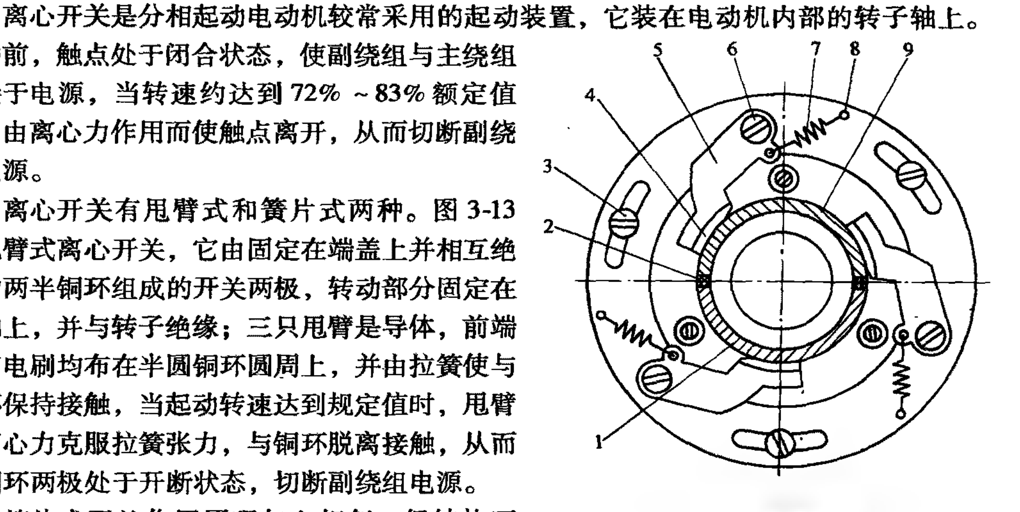


图3-13　甩臂式离心开关
1—半圆铜环电极　2—绝缘　3—转动部分地座螺栓　4—接触铜刷　5—离心甩臂　6—甩臂支点　7—拉力弹簧　8—交点　9—半圆铜环电极

簧片式开关作用原理与上相似，但结构不同。它由触头簧片及离心机构组成如图3-14所示。起动前，簧片由于弹簧拉力的作用而通过离心臂向内收缩，其支点压向传动片，使U形簧片的动触头与定触头处于闭合状态；起动转速达到一定时，离心臂的离心力克服拉簧的张力而释放传动片，U形簧片回弹，触点便断开，副绕组也随之脱离电源。

2. 离心开关的故障检修

离心开关的故障主要有开路和短路、接地。开路、短路故障的现象与故障原因见表3-3。

离心开关故障可采用下列方法检查：

（1）开路故障的电阻检查法　用万用表测量副绕组引出线头，这时可测到约几百欧的副绕组电阻；如阻值很大，说明起动回路有断路故障。若进一步检查，需卸开电机，直接测量副绕组电阻。如正常则说明是离心开关故障，然后按上述原因逐项检查处理；若构件磨损严重则予更换。

（2）触头失灵后离不开的检查法　电容分相或副绕组引线外接的分相电动机，可

在副绕组回路中串入电流表，运行时仍有电流则说明触头失灵未断开，应卸开检查原因进行处理。

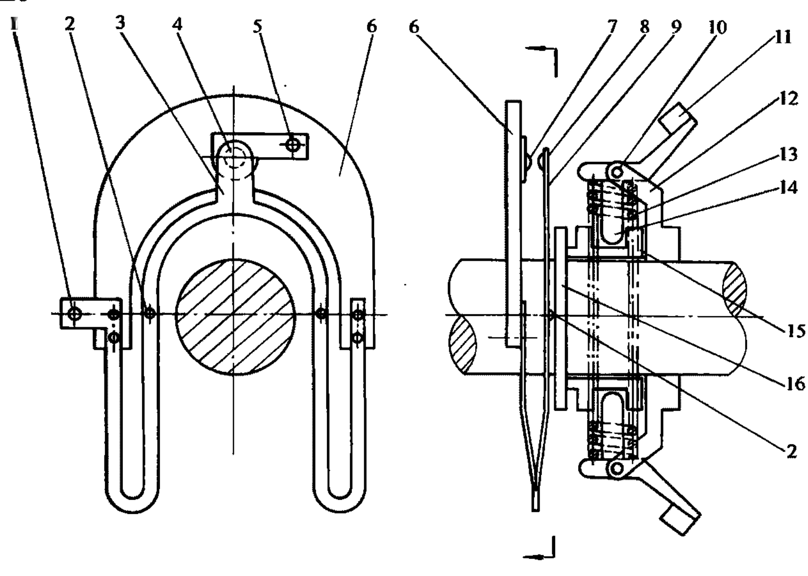


图 3-14　簧片式离心开关结构原理示意（运行状态）

1—动触头引线点　2—顶压点　3—U 形弹簧触头臂　4—触头　5—静触头引线点　6—固定在端盖上的绝缘板　7—静触头　8—动触头　9—U 形弹簧触头臂　10—活梢　11—离心臂重锤　12—支架（固定轴上）　13—张力弹簧　14—拨杆　15—移动滑槽　16—绝缘套

表 3-3　离心开关的故障现象与故障原因

故障现象	故　障　原　因	
电动机无法起动	离心开关开路	1. 弹簧失效，无足够的张力使触点闭合 2. 机械机构卡死 3. 触头烧坏脱落 4. 触头簧片过热失效 5. 接线螺丝松脱或线头断开 6. 动静触头间有杂物、油垢使接触不良 7. 触头绝缘板断裂使触点不能闭合
电动机副绕组发热烧坏	离心开关短路	1. 弹簧过硬，使电动机达到预定转速时仍不能断开副绕组电源 2. 机械构件磨损、变形，导致触点不能断开副绕组电源 3. 簧片式离心开关的簧片过热失效 4. 动静触头烧熔粘结 5. 甩臂式离心开关的铜环极间绝缘击穿

（二）起动继电器的故障检修

离心开关的结构复杂，故障频次较高，除 YC 系列外，一般都装在电机内部，使检修不便。目前对一些分相起动式专用电动机（如电冰箱压缩机组电机等）都采用起动继电器代替离心开关。

1. 起动继电器工作原理

（1）电流型起动继电器　它是常开触点式电磁元件，其接线原理如图 3-15 所示。触点与电机副绕组串联，继电器电流线圈与主绕组串联，接通电源瞬间，强大的起动电流通过线圈，继电器铁心产生足够大的电磁力，使触点闭合的同时接通副绕组电源使电动机起动。随着转速上升而电流减小，当电流减小到一定值时，电流线圈产生的电磁吸力将不足以克服弹簧张力而释放，触点断开，副绕组脱离电源，电动机进入正常运行状态。

（2）电压型起动继电器　接线如图 3-16，它是常闭触点式电磁元件。接通电源后，主、副绕组都通入电流，电动机起动。此间，由于跨接于副绕组上的电压线圈的阻抗远大于副绕组，故流过的电流很少；随着转速升高，副绕组中的反电势逐渐增大，并联支路中电压线圈电流也逐渐增加，当达到某一数值时，其电磁力使继电器动作，断开触点，切断副绕组电源，电动机进入运行状态。

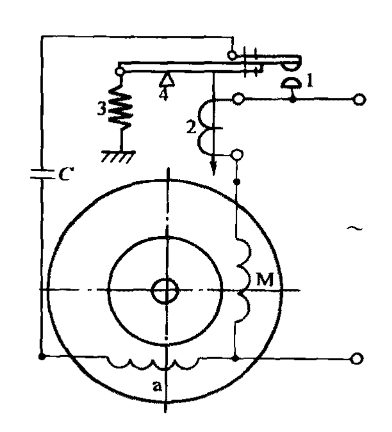


图 3-15　电流型起动继电器结构示意
M—主绕组　a—副绕组　C—电容器
1—常开触点　2—继电器电流线圈及衔铁　3—弹簧　4—支承点

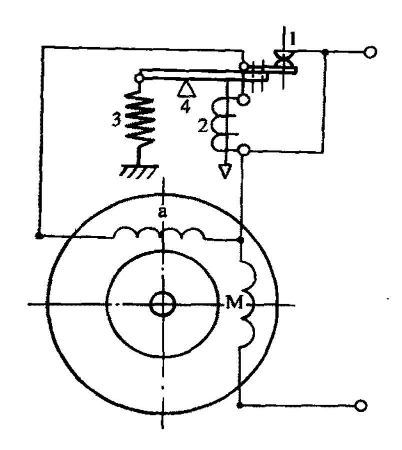


图 3-16　电压型起动继电器结构示意
M—主绕组　a—副绕组
1—常闭触点　2—继电器电压线圈及衔铁
3—弹簧　4—支承点

（3）差动型起动继电器　它综合上述两种继电器的优点设计而成，其接线原理如图 3-17 所示。在衔铁支承点两边各有两只线圈，主绕组与电流线圈串联，副绕组和电压线圈并联后通过触点接入电源。起动前，由于弹簧拉力使触点闭合。当起动过程，主绕组的强大电流使电流线圈产生强大的吸引力而保持触点可靠地闭合；随着电流线圈的

电磁力减少，电压线圈的吸引力增大，直至使触点断开副绕组电源。这种继电器的特点是结构较复杂，但工作可靠。

2. 起动继电器的故障

单相电动机用起动继电器有多种型式，其基本结构原理上面已作介绍。下面列出常见故障：

（1）工作失灵　工作失灵是指特性规定的动作不能准确完成，从而导致电动机不能起动或烧毁绕组。造成工作失灵的原因主要有：

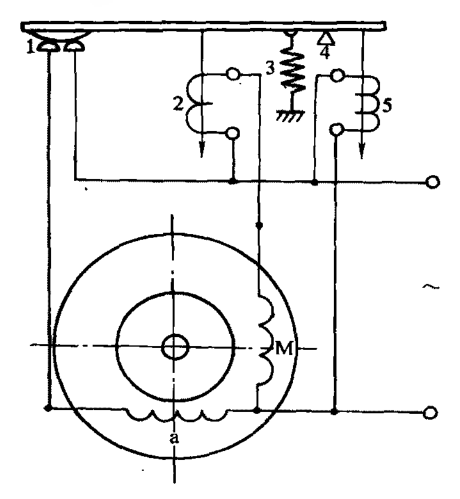


图 3-17　差动型起动继电器结构示意
M—主绕组　a—副绕组
1—常闭触点　2—继电器电流线圈及衔铁　3—弹簧　4—支承点
5—电压线圈及衔铁

1）弹簧张力失效　当复位弹簧失效后张力减小，对电流型继电器来说，电动机达到规定转速，其触点仍不能断开，使电机副绕组长时间通电而发热烧坏；对电压型及差动型继电器，则可能会引起触点接触不良，或电动机副绕组在低转速时脱离电源，从而造成起动困难。

2）弹簧调整过硬　继电器弹簧张力过大时与上述情况相反，即在电流型中，触点易跳火，甚至不闭合，造成电动机副绕组无电而不能起动。电压型及差动型继电器的常闭触点如不能断开，则副绕组长期接入电源而易发热、烧毁。

3）电机重绕参数改变　单相电动机起动继电器的工作特性是根据电动机起动特性调整，若重绕修理的绕组参数（如匝数、线径、电压等）改变后，将与原继电器不匹配，容易引起工作失灵。

4）继电器参数改变　如继电器线圈重绕参数改变后，也会产生上述现象而造成工作失灵。

（2）触头烧坏故障　它可能形成触头开路（脱落）或短路（粘结）现象，从而危及电动机不能起动或发热烧毁。导致故障的原因有：

1）弹簧调节不当　弹簧张力调整过大或过小，都将可能使触头跳火而造成烧蚀或粘结。

2）电机绕组故障　副绕组的短路，会导致产生大电流，引起触头载流能力不足而损坏。

3）触头接地　触头座绝缘损坏发生接地短路，也会烧坏触点。

（3）线圈故障　线圈故障的原因主要有：

1）匝间短路　线圈制造质量不良，或使用中受潮，容易引起线圈匝间短路故障。

2）绕组故障　电动机主绕组发生严重短路，其强大的短路电流可能导致继电器电

流线圈烧毁；同时，副绕组中的反电势随增，电压线圈也可能因过电压而损坏。

3. 起动继电器的校验

为确保起动继电器正常工作，应进行特性调整，使与电动机相匹配。校验的线路如图 3-18 所示。

(1) 吸合电流校验　接通电源，将变压器电压从零开始慢慢调升，测定衔铁吸合瞬间的线圈电流值。

(2) 释放电流校验　使衔铁处于吸合位置，然后调节变压器逐渐降压，当衔铁释放时，测定线圈释放电流值。

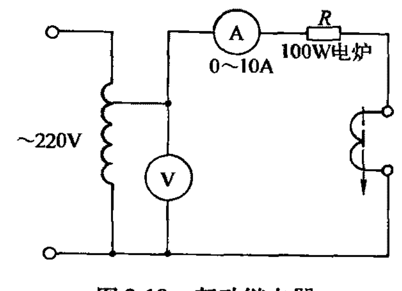


图 3-18　起动继电器电流线圈校验接线

分相电动机起动特性的校验值随所驱动的电器的使用特点而异，并且，即使是同类电器，其要求也不一样。继电器的调整一般都是改变弹簧的张力或衔铁相对位置来达到的。由于不同性能的电器选用不同型式的起动器，因此，其具体调整值及调整方法将在家用电器修理中叙述。

二、移相电容器的故障检查

1. 电容器的种类与特点

电容器的主要作用是储能和移相。其基本结构是在两电极间隔一层介质，介质可以是气体、固体以及半流体。尽管其材质不同，但都具有同样的性能。分相电动机常用的电容器主要有：

(1) 纸介电容器　它以腊纸为电介质，将两片金属薄膜长条隔开后卷摺起来放在金属容器内，两极再分别用导线引出。

(2) 油浸纸介电容器　其介质是油浸电容纸并充油封装。这种电容器的绝缘性能好，正确使用不会过份发热，经久耐用，是电容分相运转电动机适用的电容器。

(3) 电解电容器　其结构特点与上述电容器不同，它是用金属为一极以附在极板上的氧化层为介质，糊状的电解质作为另一极与介质接触，并由另一金属板引出电极，如图 3-19a 所示。

电解电容器特点：

1) 介质极薄，可制成大容量小体积的电容器；

2) 电解电容器介质击穿后，由于电解质在化学作用下会产生新的氧化层，故可自动恢复；

3) 它具有单向储电作用，电源“+”极只能接氧化层电极，否则，将成为导体。

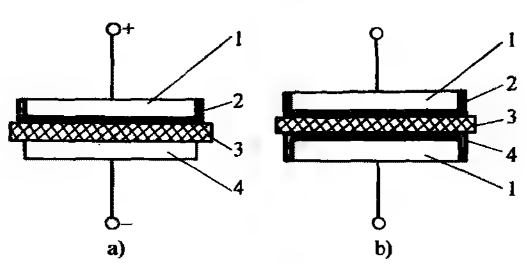


图 3-19　电解电容器的结构
a) 直流用单向电解电容器
b) 交流用双向电解电容器
1—金属电极板　2—氧化层介质　3—化学电解质（电极）　4—化学电解质（非电极）

所以，上面的电解电容器只适用于极性不变的直流电，图 3-19b 所示的电解电容器则适用于交流电。

单相分相电动机常用的电容器型号、规格见表 3-4。

表 3-4 单相分相电动机适用的电容器型号、规格表

型号	名　称	标准容量/μF	工作电压/V
CZJJ	交流密封金属化纸介电容器	0.47，1，2，4，6，8，10，15，22，33	250，(350)，400，(500)，630，1000
CZJJ1			350
C106	交流密封纸介电容器		250，(350)，400，(500)，630，1000
CZMS	电扇用密封纸介电容器	1，1.2，1.5，2，2.2	250，(350)，(450)
CD	铝壳电解电容器	5，10，20，50，100，150，200，500	150，250，300，350，400，450

2. 电容器的故障与检查方法

单相分相电动机用的电容器通常都在 0.5μF 以上。一般的检查是用万用表（R×100）欧姆档检测电容器两极，若表针检测初始阻值很小，并随测量时间而逐渐变大，然后调换表笔再测也出现相同现象者，说明电容器是好的（但也有例外）。否则是电容器有故障。

（1）电容器极间短路的检查方法

1）万用表检查　用万用表欧姆档检测两极，若电阻极小且表针不返回者是极间短路。

2）直流电检查　将一只 3～15W 灯泡与电容器串联后接到 220V 直流电源，若灯泡不亮则电容器无短路；要是灯泡发光，脱离电源后将电容器两极短接无火花则说明极间短路。

3）交流电检查　用 3～15W 灯泡与电容器串联后接入 220V 交流电源时灯泡应发亮，在脱离电源后将电容器两极短接，如有火花说明电容器还可工作；若无火花则电容器损坏。

（2）电容器两极开路的检查方法

1）万用电表检查　用万用表测电容器两极电阻，若电阻值很大，即表针不动，无充放电现象，则是线端与极片脱离开路故障。

2）交流电检查　电容器与 8～25W 灯泡串联后接入 220V 交流电源，若灯泡不亮且在脱离电源后将两极短接无火花，则是电容器两极开路故障。

（3）电容器外壳带电及其处理方法　引进电容器外壳带电故障有制造质量的原因，也有线路结构原因。

1）制造质量不好　电容芯子固定工艺不良，运输过程中受振动而降低绝缘强度，导致电容器外壳带电。

2）制造工艺不良　在油浸金属化纸介电容器的极板上，由于工艺不完善，喷涂金属层时出现金属颗粒，容易在边缘形成尖角，不但减少了绝缘距离，同时还容易引起尖端对地放电途径而使外壳带电。

3）材料质量缺陷　电容器壳盖采用胶皮封装时，若质量不好则容易受潮，使表面电阻急剧下降，也可能使外壳带电。

4）线路结构的原因　为满足性能上的要求，电容起动运转电动机常用串、并联电容器线路（见图3-20）。若 C_1、C_2 的公共极板 A 为外壳，且 $C_1 \approx C_2$ 时，A 点便形成高电位，从而使外壳带电。

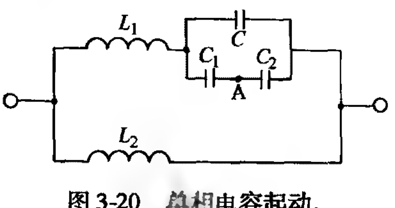


图3-20　单相电容起动、运转电动机的接线
L_1—副绕组　L_2—主绕组

所述线路结构造成的外壳带电，一般与地不会构成完整的回路，人体接触也不致有大的损害。消除的办法，一是电容器外壳加罩绝缘塑料管套；另外是将外壳接地，使与地等电位。对于前述质量原因造成的接地，一般只能更换新的电容器来排除故障。

3. 电容器的失效及电容量测定方法

电容器的失效从广义上来说包括所有故障内容，这里所指是电容器充放电的能力降低；导致容量变化，除故障引起的原因外，还有过电压及制造材料、工艺不良等所致。电容量的不足可能导致电动机起动性能及运行性能恶化。

电容器容量的测定方法：

1）电压-电流表法　在电容电路中，当外加正弦电压作用下，电流与容抗的关系符合欧姆定律，如图3-21检测即可由下式求取电容器的电容量 C（μF）

$$C=\frac{I}{2\pi fU}\times10^6$$

式中　U——电容器两端外加的试验电压（V）；

I——电容电路中的电流（A）；

f——试验电源频率（Hz）；

C——被测电容器电容量（μF）。

2）电容量的直读测量法　测量线路如图3-22所示。图中 R 是标准电阻箱的无感电阻，其值根据测量范围由表3-5选取。测量时，先将开关S倒向L，并把电压调至表中选定数值；然后将开关转换到R侧，所测得的电压值（V）即是电容量（μF）。

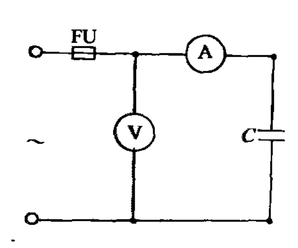


图3-21　电容器的电压-电流表检测

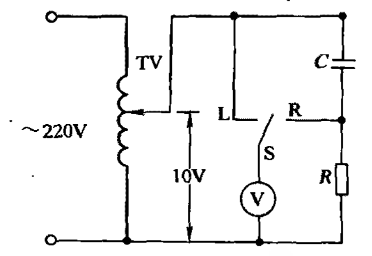


图3-22　电容器测量线路
TV—调压器　V—电压表（高内阻数字式）
C—被测电容器　R—标准电阻箱

表 3-5　电容量测定的电压、电阻值选择表

测量范围/μF	0.2～4.84	1～24.2	0.637～15.4
测定电压/V	10	50	31.83
选用标准电阻值/Ω	318.3	63.66	100

第四节　分相电动机改绕换算

由于使用条件的改变，如电压不符、转速不合适等，都需进行电动机改绕。通常改绕是建立在电动机原有电磁参数不变的原则下进行。

一、改变使用电压的改绕换算

在进口设备及家用电器中，有时会因使用电压不符国内标准而需改压重绕。

为使电动机保持原有性能指标，单相电动机的改压计算应在原线圈电流密度与每匝承压不变的条件下进行。

1. 改压后的每极匝数（匝/极）

主绕组
$$N_m' = N_m \frac{U'}{U}$$

副绕组
$$N_a' = N_a \frac{U'}{U}$$

式中　N_m、N_a——改压前的主、副绕组每极匝数；

U、U'——改压前、后的电压（V）。

2. 改压后的导线截面积（mm^2）

主绕组
$$A_m' = A_m \frac{U}{U'}$$

副绕组
$$A_a' = A_a \frac{U}{U'}$$

式中　A_m、A_a——改压前的主、副绕组导线截面积（mm^2）。

3. 改压后运转电容器的容量（μF）

$$C_y' = C_y \frac{A_m' U}{A_m U'}$$

式中　C_y——电动机原来所用电容器容量。

4. 改压后起动电容器的容量（μF）

$$C_q' = C_q \frac{d_m' U}{d_m U'}$$

式中　C_q——电动机原来所用的起动电容器容量。

5. 改压重绕计算实例

某进口电容运转电动机，原使用电压127V，主绕组每极匝数 $N_m=216$ 匝，$d_m=0.55$mm，副绕组每极匝数 $N_a=237$ 匝，$d_a=0.51$mm；移相电容量 $C_y=16\mu F$，今欲改为市电220V使用，试求改绕数据。

（1）改为220V市电后主、副绕组每极匝数

$$N_m'=N_m\frac{U'}{U}=216\times\frac{220}{127}=374\ \text{匝/极}$$

$$N_a'=N_a\frac{U'}{U}=237\times\frac{220}{127}=410\ \text{匝/极}$$

改压重绕的绕组型式及各槽导体分配百分比不变。

（2）改压后的导线选择　原导线截面积

$$A_m=0.785d_m^2=0.237\text{mm}^2$$

$$A_a=0.785d_a^2=0.204\text{mm}^2$$

改压后导线截面积

$$A_m'=A_m\frac{U}{U'}=0.237\times\frac{127}{220}=0.136\text{mm}^2$$

$$A_a'=A_a\frac{U}{U'}=0.204\times\frac{127}{220}=0.117\text{mm}^2$$

改压后的线径

$$d_m'=1.13\sqrt{A_m'}=0.417\text{mm}$$

$$d_a'=1.13\sqrt{A_a'}=0.386\text{mm}$$

主绕组选用 $\phi0.41$mm 标准导线，截面积为 0.132mm^2；副绕组选用 $\phi0.38$mm 标准导线，截面积为 0.113mm^2。

（3）改压后运转电容器容量

$$C_y'=C_y\frac{A_m'U}{A_mU'}=16\times\frac{0.132\times127}{0.237\times220}=5.3\mu\text{F}$$

选用 6μF 标准电容器。

此外，对于电压改变成倍数关系的电动机，可视原绕组的具体情况而考虑采用改变接法进行改压。例如220V改为110V时，可将原绕组的支路数增加一倍，即原一路串联改为二路并接；若是两路并接的110V绕组，同样可改为一路串联的220V电动机。当然，不具备改接条件时，就必须进行重绕改压。

二、改变电动机转速的改绕换算

异步电动机的转速取决于绕组的极数，但对某些场合，如风扇类电动机，则可以采用各种型式的降压来达到减速。但对于负载不随转速平方关系变化或需要提高转速时，就只有采用改变绕组极数来解决。

单相电动机形成的磁场是脉动式不完整的圆形磁场，其各项性能指标都不及三相绕组。因此，定、转子间的配合就更讲究，否则容易产生电磁噪声与振动；严重时甚至无

法起动。为使改极的分相电动机能正常使用，在改极计算中应注意如下事项：

1. 定转子槽数配合的选择

为保证电动机的技术性能，定、转子槽数的配合应满足一定的关系：

（1）为避免起动时可能出现的“死点”，槽数应满足下式关系：

$$\frac{Q_1-Q_2}{2pm}\neq 整数 \quad 和\frac{Q_1}{Q_2}\neq 整数$$

式中　Q_1、Q_2——定、转子槽数；

$2p$——绕组极数；

m——定子相数，对分相起动电动机 $m=1$；电容运转电动机 $m=2$。

（2）为避免机械特性 $T=f(s)$ 产生凹点，应满足下式：

$$Q_1-Q_2\neq \pm 2p$$

（3）为减少振动与噪声，应使 $Q_1-Q_2\neq \pm 1, \pm 2, \pm(2p\pm 1), \pm(2p\pm 2)$

目前国产单相电动机定子槽数上限值是 36 槽，为使改极电机获得平静地运转或获得较好性能，推荐采用表 3-6 的槽配合。

表 3-6　一般单相电动机改极时定转子槽配合推荐参数表

极数 $2p$	定子槽数 Q_1	转子槽数 Q_2	极数 $2p$	定子槽数 Q_1	转子槽数 Q_2
2	12	15，18	4	18	15
2	16	10	4	24	16，17，18，22，30
2	18	12，15，21	4	36	26，34，42
2	24	18，27，28，31	6	36	48
4	12	15	8	24	36
4	16	10	8	36	40

2. 改极电动机的功率

电动机的输出功率近似地与转速成正比，一般由高速改低速时，容量相应减小；反之则容量可以增加。所以，改极时必须考虑改极后能否满足实际功率的需要。

无原始数据电动机的改极通常采用空壳重绕计算；而一般改极是在保留原电机基本性能的条件下进行的。所以，改极电机应在原绕组参数的基础上换算。改极后电动机的功率（W）可由下式确定：

$$P'=P\frac{(d_m')^2}{d_m^2}$$

式中　P——改极前电动机功率（W）；

d_m、d_m'——改极前、后主绕组的线径（mm）。

3. 铁心磁路饱和程度的校核

改极后的极距改变，使原来比较合理的磁通分布产生不均现象。例如高速改低速时极距缩短，随着每极磁通的减少而轭部磁通就降低，但定子齿部磁通则可能出现磁饱

和；反之，低速改高速时则正好出现相反的情况。所以，对增加极数的重绕，核算齿部磁密应控制在1.85T以内，最高也不宜超过2.2T，而且只能在气隙磁密和轭部磁密较低的条件下实施。对于减少极数的改极，要核算轭部磁密，一般可放宽到1.85T。此外，极距增加也可考虑提高气隙磁密进行改极换算。

气隙磁密由下式求取：

$$B_\delta = \frac{66.2K_E U_N}{2p\tau l N_m K_{dpm}}$$

式中符号意义及磁密校验、线负载校验方法可参阅后面重绕计算内容。

4. 改极后主绕组每极匝数（匝/极）

$$N_m' = N_m \frac{2p\tau B_\delta K_{dpm}}{2p'\tau' B_\delta' K_{dpm}'}$$

式中符号意义参照重绕计算内容，其中带“′”的符号是改极后的参数；不带“′”的符号是改极前参数。下同。

改极后的副绕组每极匝数根据原绕组变比算出。线圈匝数分配可参照重绕计算。

5. 改极后的导线选择

改极后一般保持原来电流密度，但每极占槽数及每相串联匝数都改变了，因此，改极后的导线是在主绕组在槽中导体总截面积（mm^2）相等的条件下求取。即

$$A_m' = A_m \frac{N_{sm}}{N_{sm}'}$$

式中 A_m、A_m'——主绕组改极前、后的导线截面积（mm^2）；

N_{sm}、N_{sm}'——主绕组改极前、后的每槽平均导体数（根/槽）。

$$N_{sm} = \frac{2N_m 2p}{Q_m}$$

改极后的副绕组导线由原绕组比值系数 t_D 求出。

6. 改极计算实例

有一单相电容运转2极电动机，今需改为4极，试求新绕组参数。

（1）原绕组参数

1）铭牌：$P_N=90W$，$U_N=220V$，$I=0.87A$。

2）定子铁心数据（单位：cm）：外径 $D_1=9$，内径 $D_{i1}=4.8$，铁心长（叠厚）$l=4$，轭高 $h_{j1}=0.95$，齿高 $h_{t1}=1.15$，齿宽 $b_{t1}=0.25$；定子槽数 $Q_1=24$；转子槽数 $Q_2=18$ 槽。

3）绕组参数：

主绕组线径 $d_m=0.42mm$，$A_m=0.138mm^2$；

副绕组线径 $d_a=0.25mm$，$A_a=0.049mm^2$。

主、副绕组均采用表2-1中6B方案22，绕组系数 $K_{dpm}=K_{dpa}=0.783$。

主绕组线圈匝数分布如下：

$N_{1\text{-}12}=139$，$N_{2\text{-}11}=130$，$N_{3\text{-}10}=111$，$N_{4\text{-}9}=85$，$N_{5\text{-}8}=53$，$N_{6\text{-}7}=18$；

主绕组占槽数 $Q_m=24$。

副绕组线圈匝数分布如下：

$N_{7\text{-}18}=195$，$N_{8\text{-}17}=182$，$N_{9\text{-}16}=156$；

$N_{10\text{-}15}=119$，$N_{11\text{-}14}=75$，$N_{12\text{-}13}=25$；

副绕组占槽数 $Q_a=24$。

（2）改极后槽配合检验

$$\frac{Q_1-Q_2}{2p'm}=\frac{24-18}{4\times2}\neq\text{整数}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{24}{18}\neq\text{整数}$$

$$Q_1-Q_2=24-18\neq 2p=4$$

$$Q_1-Q_2=24-18\neq\pm1,\ \pm2,\ \pm(2p\pm),\ \pm(2p-2)$$

检验改极后的众多条件中，只有振动、噪声的8个条件中的 $Q_1-Q_2\neq 2p+2$ 不能满足，而其他条件均能符合要求，故基本能满足改极条件。

（3）原绕组参数计算

1）极距　$\tau=7.54\text{cm}$

2）每极匝数

主绕组：　$N_m=\Sigma N_m=536$ 匝/极

副绕组：　$N_a=\Sigma N_a=752$ 匝/极

3）气隙磁密　选 $K_E=0.92$

$$B=\frac{66.2K_EU_N}{2p\tau lN_mK_{dpm}}=\frac{66.2\times0.92\times220}{2\times7.54\times4\times536\times0.783}=0.529\text{T}$$

4）主副绕组变比系数

$$K=\frac{N_aK_{dpa}}{N_mK_{dpm}}=\frac{752\times0.783}{536\times0.873}=1.4$$

5）主副绕组导线比值系数

$$t_D=\frac{d_a}{d_m}=\frac{0.25}{0.42}=0.595$$

6）主绕组每槽平均导体数

$$N_{sm}=\frac{2N_m2p}{Q_m}=\frac{2\times536\times2}{24}=89\text{ 根/槽}$$

（4）选用改极布线方案

改为4极后的每极槽数

$$Q_p=\frac{Q_1}{2p}=\frac{24}{4}=6\text{ 槽}$$

由表2-1选用正弦3A方案6，绕组系数 $K_{dpm}=K_{dpa}=0.804$，主、副绕组布接线如图2-22所示。每极线圈匝比 $K_1=0.268$；$K_2=0.464$；$K_3=0.268$。

改4极后，主、副绕组采用相同的正弦布线，主、副绕组占槽相等，即

$$Q_m'=Q_a'=20 \text{ 槽}$$

(5) 改极后主、副绕组匝数计算

1) 改极后基本参数计算

①极距：$\tau'=3.77\text{cm}$

②齿距：$t_1=0.628\text{cm}$

③气隙磁密　因改绕是增加极数，拟提高气隙磁密，取 $B_\delta=0.68\text{T}$。

2) 主绕组每极匝数

$$N_m'=N_m\frac{2p\tau B_\delta K_{dpm}}{2p'\tau' B_\delta' K_{dpm}'}=536\frac{2\times7.54\times0.529\times0.783}{4\times3.77\times0.68\times0.804}=405 \text{ 匝/极}$$

3) 副绕组每极匝数

$$N_a'=KN_m\frac{K_{dpm}'}{K_{dpa}'}=1.4\times405\frac{0.804}{0.804}=567 \text{ 匝/极}$$

4) 主绕组各线圈匝数

$$N_{1\text{-}7}'=N_m'K_1=405\times0.268=108 \text{ 匝}$$
$$N_{2\text{-}6}'=N_m'K_2=405\times0.464=189 \text{ 匝}$$
$$N_{3\text{-}5}'=N_m'K_3=405\times0.268=108 \text{ 匝}$$

5) 副绕组各线圈匝数

$$N_{4\text{-}10}'=N_aK_1=567\times0.268=152 \text{ 匝}$$
$$N_{5\text{-}9}'=N_aK_2=567\times0.464=263 \text{ 匝}$$
$$N_{6\text{-}8}'=N_aK_3=567\times0.268=152 \text{ 匝}$$

(6) 磁密校验

增极改绕校验齿部磁密

$$B_t'=\frac{B_\delta' t_1}{0.93b_{t1}}=\frac{0.68\times0.628}{0.93\times0.25}=1.83\text{T}$$

实际磁密在合理范围。

(7) 改极后的绕组导线

1) 主绕组每槽平均导线数

$$N_{sm}'=\frac{2N_m'2p'}{Q_m'}=\frac{2\times405\times4}{20}=162 \text{ 根/槽}$$

2) 主绕组导线截面积

$$A_m'=A_m\frac{N_{sm}}{N_{sm}'}=0.138\frac{89}{162}=0.0758\text{mm}^2$$

选取标准线径 $d_m'=0.31\text{mm}$

3) 副绕组线径

$$d_a' = t_D d_m' = 0.595 \times 0.31 = 0.184\text{mm}$$

选用标准导线直径 $d_a = 0.18\text{mm}$

(8) 改极后的输出

1) 功率

$$P_N' = P_N \frac{(d_m')^2}{d_m^2} = 90 \frac{0.31^2}{0.42^2} = 49\text{W}$$

取 $P_N' = 50\text{W}$

2) 电动机电流

由图 1-59 查得 $\eta\cos\varphi = 0.36$

$$I' = \frac{P_N'}{U_N \eta\cos\varphi} = \frac{50}{220 \times 0.36} = 0.63\text{A}$$

3) 主绕组电流

$$I_m' = \frac{I'}{\sqrt{2}} = \frac{0.63}{\sqrt{2}} = 0.44\text{A}$$

4) 副绕组电流

$$I_a' = \frac{I_m'}{K} = \frac{0.44}{1.4} = 0.32\text{A}$$

(9) 改极后线负载校验

电容运转电动机线负载

$$A = \frac{2(N_{\phi m}' I_m' + N_{\phi a}' I_a')}{\pi D_{i1}} = \frac{2(N_m' I_m' + N_a' I_a') 2p}{\pi D_{i1}} = \frac{2(405 \times 0.44 + 567 \times 0.32)}{3.14 \times 4.8} = 191\text{A/cm}$$

改极后实际线负载在允许范围内。

(10) 电动机分相元件选择

1) 电动机功率因数

①效率估算　选 $K_g = 0.053$

$$\eta = K_g \sqrt{75.7 - \left(\frac{P_N'}{50} - 9\right)^2} + 0.215 = 0.053 \sqrt{75.7 - \left(\frac{50}{50} - 9\right)^2} + 0.215 = 0.396$$

②功率因数估算

$$\cos\varphi = \frac{\eta\cos\varphi}{\eta} = \frac{0.36}{0.396} = 0.91$$

2) 运转电容器

①电容量

$$C_y = 2400 \frac{I}{2pU_N\cos\varphi} = 2400 \frac{0.63}{4 \times 220 \times 0.91} = 1.89\mu\text{F}$$

②电容器工作电压

$$U_y = 1.42U_N = 1.42 \times 220 = 312\text{V}$$

由表 1-33 选用 2μF、350VCZJJ 型交流密封金属化纸介电容器。

三、导线代换的计算

单相电动机重绕计算中，常以一路串联的基础进行，当绕制时如无此规格导线，可改用两根截面积之和等同于原来一根粗线的双线并绕；也可改用多路并联来重新选用导线。

1. 改变线圈并绕根数的导线代换

单相电动机铁心槽口较窄，导线直径稍粗就会造成嵌线困难，特别是低压电动机，常以几根较细的导线代替一根粗导线来绕制线圈，代换的并绕导线总截面积应等于或相当于原截面积。代换导线直径（mm）可由下式计算：

$$d' = \sqrt{\frac{d^2}{n}}$$

式中 d、d'——原用、改用导线直径（mm）；

n——改用导线的并绕根数。

线圈改用多根导线并绕时，一般应尽量采用相同直径的导线并绕。但代换导线有时不易满足此条件，则可在选用几根不同直径导线并绕时，应使其规格尽量接近，避免用不同粗细过于悬殊的导线并绕。

实例 某低压 24V 电动机，绕组重绕计算导线直径是 2.02mm，拟改用 3 根并绕，试求代换导线直径。

$$d' = \sqrt{\frac{d^2}{n}} = \sqrt{\frac{2.02^2}{3}} = 1.166\text{mm}$$

取 $\phi 1.16$mm 标准导线。

2. 改变绕组并联支路数的导线代换

导线代换也可用改变绕组并联支路数来增减线圈并绕根数。这时，导线规格与绕组并联支路数有如下关系：

$$\frac{A'}{A} = \frac{a}{a'} \quad 或 \quad \frac{d'^2}{d^2} = \frac{a}{a'}$$

式中 A，A'——原来、代换后的导线截面积（mm^2）；

a，a'——原来、代换后的绕组并联支路数；

d，d'——原来、代换后的导线直径（mm）。

为确保电动机原有性能，并考虑槽满率不致过高，换算后选用的标准线径的使用误差不宜超过 ±5%，即

$$\frac{d_b - d'}{d_b} \times 100\% \leq \pm 5\%$$

式中 d'——代换导线直径计算值；

d_b——选用标准导线实际直径。

由于电压不变，其绕组串联匝数也不变，因此，当并联支路数改变后，电动机的每

极匝数（匝/极）由下式确定：

$$N_p' = N_p \frac{a'}{a}$$

式中　N_p，N_p'——原来、改变后的并联支路每极匝数。

绕组并联匝数改变后，其绕组型式及各槽导线分配方案与原来相同。但必须注意，改变并联支路数应满足于$2p/a$ = 整数，否则拟改的并联支路数方案不能成立。

实例　有一台4极电容运转电动机，主绕组$N_m = 628$匝/极，$d_m = 0.44\text{mm}$；副绕组$N_a = 764$匝/极，$d_a = 0.35\text{mm}$；原绕组是二路并联，现无此规格，试另选导线。

今拟改用一路串联，

$$\frac{2p}{a} = \frac{4}{1} = \text{整数}$$

满足改为一路串联的条件。

新绕组导线直径

$$d_m' = d_m\sqrt{\frac{a}{a'}} = 0.44\sqrt{\frac{2}{1}} = 0.622\text{mm}$$

$$d_a' = d_a\sqrt{\frac{a}{a'}} = 0.35\sqrt{\frac{2}{1}} = 0.495\text{mm}$$

选用标准线径：$d_m' = 0.62\text{mm}$，$d_a' = 0.49\text{mm}$

副绕组选线误差验算

$$\frac{d_{ba} - d_a'}{d_{ba}} \times 100\% = \frac{0.49 - 0.495}{0.49} \times 100\% = -1\%$$

误差在允许范围。

绕组改为一路串联后，每极匝数

$$N_m' = N_m \frac{a'}{a} = 628 \times \frac{1}{2} = 314 \text{ 匝/极}$$

$$N_a' = N_a \frac{a'}{a} = 764 \times \frac{1}{2} = 382 \text{ 匝/极}$$

绕组型式及各槽导体分布可照原绕组。

第五节　分相电动机重绕计算与参数调整

一、分相电动机重绕计算方法

重绕计算主要适用无绕组电动机的恢复性修复，或因不良重绕等种种原因造成电动机起动或运行性能极差，而需提高性能的重绕修理。重绕计算是以定、转子铁心磁路为基础，通过有关经验数据的估值来计算、确定绕组主要参数的。因此，若选值合理，在一定范围内也能取得较好的效果。

1. 极对数的确定

电动机的极数可根据实际需要，并结合铁心原来参数决定。但作为恢复重绕，对220V50Hz的单相电动机，其极对数p可由下式决定（取整数）：

$$p=(0.35\sim0.4)\frac{Q_1 b_{t1}}{2h_{j1}}$$

式中　Q_1——定子铁心槽数；

b_{t1}——定子槽齿宽（cm）；

h_{j1}——定子铁心轭高（cm）。

2. 电动机功率估算

（1）电动机输入功率（VA）由下式估算：

$$P_1=\frac{D_{i1}^2 l B_\delta A n_t}{10^5}$$

式中　D_{i1}——定子铁心内径（cm）；

l——铁心长度（叠厚）（cm）；

n_t——同步转速（r/min）；

B_δ——气隙磁密（T）；$B_\delta=0.3\sim0.7$T，通常，二极电机取偏小值；电扇类电机一般取$B_\delta=0.35\sim0.5$T；

A——线负载（A/cm）。一般$A=80\sim220$A/cm；台扇类电机取$A=120\sim160$A/cm；外转子吊扇取$A=100\sim130$A/cm。

（2）额定功率估算　分相电动机从电网中吸取的电能只有小部分作为功率输出，其额定输出P_2（W）：

$$P_2=P_1\cos\varphi\cdot\eta$$

式中　$\cos\varphi\cdot\eta$——电能效率。一般只有0.18～0.68，可假设初选值后，转换到P_N'再由图3-23选取。

3. 电动机电流

（1）输入电流I(A)

$$I=\frac{P_2}{U_N\cos\varphi\eta}$$

（2）主绕组电流I_m(A)

分相起动电动机

$$I_m=I=\frac{P_1}{U_N}$$

电容运转电动机

$$I_m=\frac{I}{\sqrt{2}}$$

（3）副绕组电流　分相起动电

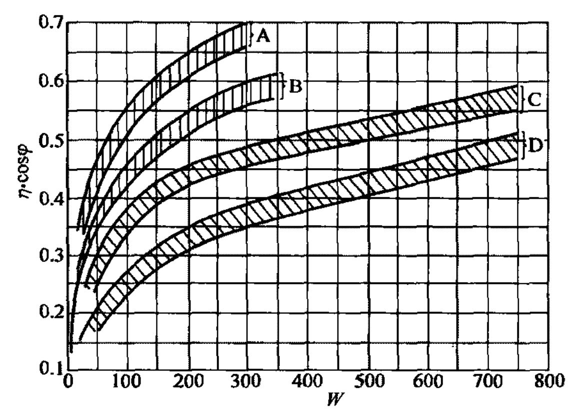


图3-23　分相电动机的电能效率曲线

A—二极电容运转　B—四极电容运转

C—二极分相起动　D—四极分相起动

动机副绕组只在起动时接入电源；电容运转电动机副绕组在运行时仍接入电源，其运行电流约为

$$I_a = \frac{I_m}{K}$$

式中 K——变比系数；

$$K = \frac{N_a K_{dpa}}{N_m K_{dpm}}$$

N_m、N_a——主、副绕组匝数；

K_{dpm}、K_{dpa}——主、副绕组系数。

4. 电动机磁密校验

（1）气隙有效磁通 Φ(Wb)

$$\Phi = \alpha \tau l B_\delta \times 10^{-4}$$

式中 α——极弧系数，$\alpha = 0.6 \sim 0.7$；

τ——定子极距（cm）。

（2）定子齿部磁密（T）校验

$$B_t = \frac{B_\delta t_1}{0.93 b_{t1}}$$

式中 t_1——定子齿距（cm）。

齿部磁密计算值不应超过 1.24～1.8T，比较合理的取值是 $B_{t1} = 1.3 \sim 1.6$T。

（3）定子轭部磁密（T）校验

$$B_{j1} = \frac{\Phi}{1.86 h_{j1} l} \times 10^4$$

轭部磁密比较合理的取值是 $B_{j1} = 1.0 \sim 1.55$T，最高不宜超过 1.85T，否则要重选 B_δ 再算。

5. 定子等匝绕组系数计算

（1）分相起动电动机　分相起动电动机的主绕组与副绕组占槽不等时，主、副绕组系数必须分别计算。由于副绕组在起动后脱离电源，为提高铁心的有效利用率，通常都使主绕组占总槽数的2/3，即 $Q_m/Q_a = 2$；同时，当采用单层绕组时，为消除磁势曲线中的三次谐波，常取 $y = \frac{2}{3}\tau$，这时分相电动机的绕组系数可由下面的简化式求出：

主绕组系数

$$K_{dpm} = \frac{0.75 \times 2p}{Q_m \sin\left(\frac{90°}{\tau}\right)}$$

副绕组系数

$$K_{dps}=\frac{0.434\times 2p}{Q_s\sin\left(\frac{90°}{\tau}\right)}$$

式中　Q_m、Q_s——主、副绕组分别占槽数。

（2）分相运转电动机　电容分相运转电动机工作时是“两相”绕组同时投入运行，主、副绕组各占槽数相等，故其绕组系数也相等。

全距单层绕组系数

$$K_{dp}=\frac{0.707}{q\sin\left(\frac{45°}{q}\right)}$$

短距双层绕组系数

$$K_{dp}=\frac{0.707}{q\sin\left(\frac{45°}{q}\right)}\cdot\sin\left(90°\frac{y}{\tau}\right)$$

式中　q——极相组槽数。

6. 绕组正弦布线方案的选择

为获得较好的起动和运行性能，目前的分相电动机都采用正弦绕组，而且可从技术资料中方便地选取，从而避免复杂的计算程序。

（1）每极槽数 Q_P（槽/极）

$$Q_P=\frac{Q_1}{2p}$$

（2）选择正弦绕组方案

正弦方案据 Q_P 值由表2-1选用，并由所选方案从表中查取绕组系数。

7. 主绕组计算

（1）主绕组每相匝数（匝/相）

$$N_{\phi m}=\frac{K_E U_N}{4.44f\Phi K_{dpm}}$$

式中　K_E——压降系数，取 $K_E=0.7\sim0.94$。

（2）每极匝数（匝/极）

$$N_m=\frac{N_{\phi m}}{2p}$$

（3）主绕组导线直径（mm）

$$d_m=1.13\sqrt{\frac{I_m}{J}}$$

式中　J——导线电流密度。一般取 $J=4\sim8\text{A/mm}^2$；对台扇类电机，$J=4\sim7\text{A/mm}^2$；外转子吊扇电机，$J=3\sim5\text{A/mm}^2$；洗衣机电机，$J=4.5\sim7.5\text{A/mm}^2$；脱

水机电机，$J=5\sim8.5\text{A/mm}^2$；冰箱压缩机组电机，$J=3.5\sim5.1\text{A/mm}^2$。

8. 副绕组计算

(1) 副绕组每极匝数（匝/极）

$$N_a = KN_m \frac{K_{dpm}}{K_{dpa}}$$

式中 K——变比系数。对于高内阻分相起动，$K=0.4\sim0.7$；电容分相起动，$K=0.75\sim1.25$；电容运转，$K=0.96\sim1.7$。

(2) 副绕组线径

$$d_a = t_D d_m$$

式中 t_D——导线直径比值系数。电阻起动，$t_D=0.45\sim0.75$；电容起动，$t_D=0.55\sim0.8$；电容运转，$t_D=0.73\sim1.07$。一般 J 系列电机取较小值；O、O2 等系列电机取较大值。

9. 线负载校验

(1) 分相起动电动机线负载（A/cm）

$$A = \frac{2N_{\phi m}I_m}{\pi D_{i1}Q_m/Q_1}$$

(2) 电容运转电动机线负载（A/cm）

$$A = \frac{2\ (N_{\phi m}I_m + N_{\phi a}I_a)}{\pi D_{i1}}$$

电动机实际线负载 A 不应超过给定范围，否则要改选变比系数、电流密度以及占槽比，予以重算。

10. 槽满率校验

分相电动机的槽满率是由各槽中的主、副绕组匝数及导线决定，其校验方法参照三相电动机计算。

11. 分相电容器的选择

(1) 起动电容器选择　当电源频率为 50Hz 时，起动电容量（μF）

$$C_q = \frac{6600\sqrt{I}}{U_N(1-\eta\cos\varphi)}$$

起动电容器的工作电压（V）

$$U_q \geqslant (0.65\sim1.36)U_N$$

(2) 运转电容器选择　当电源频率为 50Hz 时，电容量（μF）

$$C_y = 2400\frac{I}{2pU_N\cos\varphi}$$

式中 $\cos\varphi$——电动机功率因数，由下式求得

$$\cos\varphi = \frac{\cos\varphi \cdot \eta}{\eta}$$

其中　η——电动机效率。当功率为25~400W时，由经验公式求取：

$$\eta = K_g\sqrt{75.7-\left(\frac{P_N}{50}-9\right)^2}+0.215$$

式中　K_g——经验系数。$K_g=0.048\sim0.055$，对分相起动或极数多者取小值；电容运转或极数少者取较大值。

功率大于400W的电动机取$\eta=0.64\sim0.7$

（3）运转电容器的工作电压（V）

$$U_y=(1.42\sim2.3)U_N$$

二、电容运转电动机重绕计算实例

有一台失去绕组数据无铭牌的脱水机单相电容运转电动机，测得定子铁心尺寸：内径$D_{i1}=7\text{cm}$，叠厚$l=2.04\text{cm}$，轭高$h_{j1}=0.75\text{cm}$，齿宽$b_{t1}=0.48\text{cm}$，槽数$Q_1=24$槽，试计算重绕参数。

1. 确定电机极对数

$$p=(0.35\sim0.4)\frac{Q_1 b_{t1}}{2h_{j1}}=(0.35\sim0.4)\frac{24\times0.48}{2\times0.75}=2.69\sim3.07$$

取$2p=4$极

2. 电动机功率估算

（1）输入功率　选气隙磁密$B_\delta=0.63\text{T}$，线负载$A=130\text{A/cm}$

$$P_1=\frac{D_{i1}^2 lB_\delta An_1}{10^5}=\frac{7^2\times2.04\times0.63\times130\times1500}{10^5}=123\text{VA}$$

（2）额定输出（W）　预选$\eta\cos\varphi=0.4$则预选功率$P_2'=123\times0.4=49.2$（W），由图3-23查得$\cos\varphi\eta=0.32$，额定输出

$$P_2=P_1\cos\varphi\eta=123\times0.32=39.36$$

取$P_2=40\text{W}$

3. 电动机磁密校验

（1）定子极距（cm）

$$\tau=\frac{\pi D_{i1}}{2p}=\frac{3.14\times7}{4}=5.5$$

（2）定子齿距（cm）

$$t_1=\frac{\pi D_{i1}}{Q_1}=\frac{3.14\times7}{24}=9.16$$

（3）气隙有效磁通（Wb）　选极弧系数$\alpha=0.68$

$$\Phi=\alpha\tau lB_\delta\times10^{-4}=0.68\times5.5\times2.04\times0.63\times10^{-4}=4.8\times10^{-4}$$

（4）定子齿部磁密（T）

$$B_t=\frac{B_\delta t_1}{0.93b_{t1}}=\frac{0.63\times0.916}{0.93\times0.48}=1.29$$

（5）定子轭部磁密（T）

$$B_{j1}=\frac{\Phi}{1.86h_{j1}l}\times10^{4}=\frac{4.8\times10^{-4}}{1.86\times0.75\times2.04}\times10^{4}=1.686$$

核算铁心轭部磁密稍高，但仍在允许范围。

4. 绕组方案选择

定子绕组拟采用正弦布线方案。

（1）每极槽数

$$Q_{P}=\frac{Q_1}{2p}=\frac{24}{4}=6\text{ 槽/极}$$

（2）绕组方案

据 $Q_P=6$，由表2-1 选用方案4，主、副均系3B 布线，绕组系数 $K_{dpm}=K_{dpa}=0.776$，每极线圈分布百分比：$K_1=50\%$、$K_2=36.6\%$、$K_3=13.4\%$ 绕组布接线如图 3-24 所示。

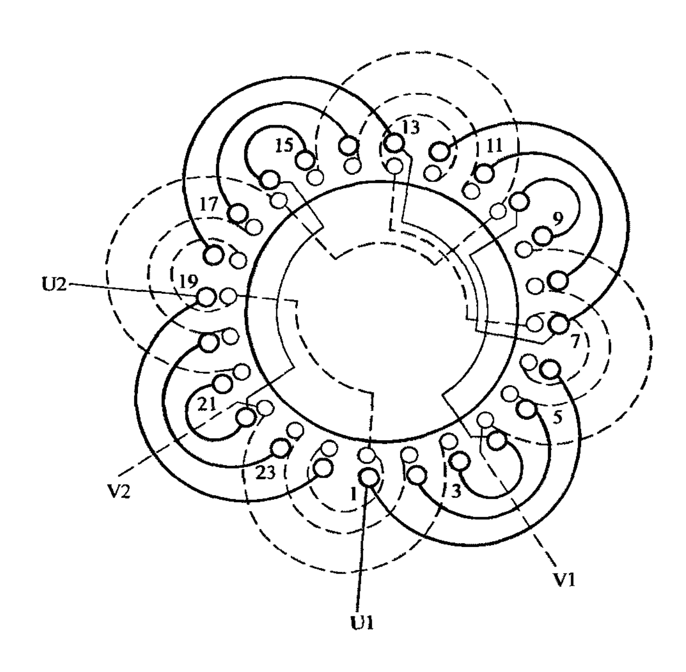


图 3-24　单相 24 槽 4 极正弦绕组 3/3-B 布接线图

5. 绕组匝数计算

（1）主绕组每相匝数　选压降系数 $K_E=0.85$

$$N_{\phi m}=\frac{K_E U_N}{4.44f\Phi K_{dpm}}=\frac{0.85\times220}{4.44\times50\times4.8\times10^{-4}\times0.776}=2261\text{ 匝/相}$$

（2）主绕组每极匝数

$$N_{m}=\frac{N_{\phi m}}{2p}=\frac{2261}{4}=565.3 \text{ 匝/极}$$

取 $N_{m}=565$ 匝，则每相实际匝数

$$N_{\phi m}=N_{m}\cdot 2p=565\times 4=2260 \text{ 匝/相}$$

（3）主绕组每极线圈分配匝数

$$\omega_{1\text{-}6}=K_{1}N_{m}=0.5\times 565=282 \text{ 匝}$$

$$\omega_{2\text{-}5}=K_{2}N_{m}=0.366\times 565=207 \text{ 匝}$$

$$\omega_{3\text{-}4}=K_{3}N_{m}=0.134\times 565=76 \text{ 匝}$$

（4）副绕组每相匝数　选变比系数 $K=1.2$

$$N_{\phi a}=KN_{\phi m}\frac{K_{dpm}}{K_{dpa}}=1.2\times 2260\times\frac{0.776}{0.776}=2712 \text{ 匝/相}$$

（5）副绕组每极匝数

$$N_{a}=\frac{N_{\phi a}}{2p}=\frac{2712}{4}=678 \text{ 匝/极}$$

（6）副绕组每极线圈分配匝数

$$\omega_{4\text{-}9}=K_{1}N_{a}=0.5\times 678=339 \text{ 匝}$$

$$\omega_{5\text{-}8}=K_{2}N_{a}=0.366\times 678=248 \text{ 匝}$$

$$\omega_{6\text{-}7}=K_{3}N_{a}=0.134\times 678=91 \text{ 匝}$$

6. 电动机电流

（1）电动机输入电流

$$I=\frac{P_{2}}{U_{N}\cos\varphi\eta}=\frac{40}{220\times 0.32}=0.57\text{A}$$

（2）主绕组电流

$$I_{m}=\frac{I}{\sqrt{2}}=\frac{0.57}{\sqrt{2}}=0.4\text{A}$$

（3）副绕组电流

$$I_{a}=\frac{I_{m}}{K}=\frac{0.4}{1.2}=0.333\text{A}$$

7. 导线选择

（1）主绕组线径　选导线电流密度 $j=6.5\text{A/mm}^2$

$$d_{m}=1.13\sqrt{\frac{I_{m}}{j}}=1.13\sqrt{\frac{0.4}{6.5}}=0.28\text{mm}$$

选用标准导线 ϕ0.27mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

（2）副绕组线径　选比值系数 $t_{D}=0.77$

$$d_{a}=t_{D}d_{m}=0.77\times 0.27=0.208\text{mm}$$

选用标准导线 $\phi0.21$mmQZ 型高强度漆包线。

8. 线负载校验

$$A=\frac{2(N_{\phi m}I_m+N_{\phi a}I_a)}{\pi D_{i1}}=\frac{2(2260\times0.4+2712\times0.333)}{3.14\times7}=164\text{A/cm}$$

实际值略大于预选值，但仍在合理范围。如需更精确时可再选 A 值重算。使线负载校验值更接近预选 A 值。

9. 分相运转电容器选择

（1）电动机运行效率估算　选经验系数 $K_g=0.053$，估算值由下式计算

$$\eta=K_g\sqrt{75.7-\left(\frac{P_N}{50}-9\right)^2}+0.215=0.053\sqrt{75.7-\left(\frac{40}{50}-9\right)^2}+0.215=0.37$$

（2）电动机功率因数　由图 3-23 查得 $\cos\varphi\eta=0.32$

$$\cos\varphi=\frac{\eta\cos\varphi}{\eta}=\frac{0.32}{0.37}=0.86$$

（3）运转电容器的选择

$$C_Y=\frac{I}{2pU_N\cos\varphi}\times2400=\frac{0.57}{4\times220\times0.86}\times2400=1.8\mu\text{F}$$

（4）电容器电压

$$U_Y=(1.42\sim2.3)U_N=2\times220=440\text{V}$$

选用 500V、2μF 的 CZJJ 型交流密封金属化纸介电容器。

三、电阻分相起动电动机重绕计算实例

有一附有离心开关的无牌空壳电动机，实测铁心数据如下：定子内径 $D_{i1}=5.1$cm，外径 $D_1=9$cm，定子叠厚 $l=3.8$cm，轭高 $h_{j1}=0.98$cm，定子齿宽 $b_{t1}=0.32$cm，定子槽数 $Q_1=18$。试求电阻分相起动电动机重绕参数。

1. 确定极数

$$p=(0.35\sim0.4)\frac{Q_1b_{t1}}{2h_{j1}}=(0.35\sim0.4)\times\frac{18\times0.32}{2\times0.98}=1.03\sim1.17$$

取电机极数 $2p=2$ 极

2. 电动机功率估算

（1）输入功率　选气隙磁密 $B_\delta=0.4$T，线负载 $A=110$A/cm

$$P_s=\frac{D_{i1}^2lB_\delta An_t}{10^5}=\frac{5.1^2\times3.8\times0.4\times110\times3000}{10^5}=130\text{VA}$$

（2）额定功率　选 $\cos\varphi\eta=0.4$

$$P_N'=130\times0.4=52\text{W}，查图取\ \eta\cos\varphi=0.26$$

$$P_N=P_s\eta\cos\varphi=130\times0.26=33.8\text{W}$$

取 $P_N=30$W

3. 电动机电流

(1) 输入电流

$$I=\frac{P_N}{U_N\eta\cos\varphi}=\frac{30}{220\times0.26}=0.52A$$

(2) 主绕组电流

$$I_m=I=0.52A$$

4. 定子绕组型式选择及绕组系数

定子采用正弦绕组，主绕组选自表2-1中的方案14；副绕组用方案16；展开图如图3-25。由表2-1查得主绕组系数$K_{dpm}=0.82$，副绕组系数$K_{dpa}=0.856$。

主绕组各线圈匝数分布百分比：$K_1=18.5\%$、$K_2=34.7\%$、$K_3=28.3\%$、$K_4=18.5\%$。

副绕组各线圈匝数分布百分比：$K_1=39.5\%$、$K_2=34.8\%$、$K_3=25.7\%$。

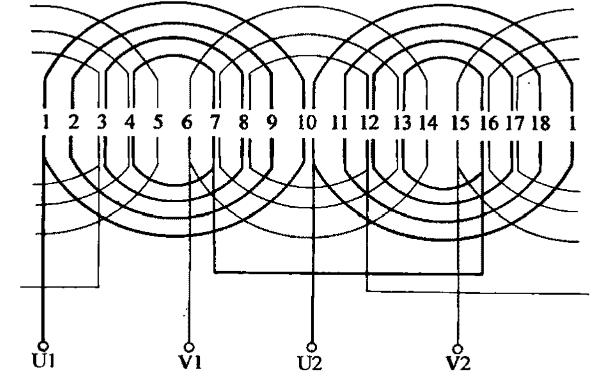


图3-25 正弦绕组展开图

($Q_1=18, 2p=2$)

5. 磁密校验

由计算得极距$\tau=8cm$，定子齿距$t_1=0.89cm$

(1) 气隙有效磁通

$$\Phi=\alpha\tau lB_\delta\times10^{-4}=0.68\times8\times3.8\times0.4\times10^{-4}=8.268\times10^{-4}Wb$$

(2) 齿部磁密

$$B_{t1}=\frac{B_\delta t_1}{0.93b_{t1}}=\frac{0.4\times0.89}{0.93\times0.32}=1.196T$$

(3) 轭部磁密

$$B_{j1}=\frac{\Phi\times10^4}{1.86h_{j1}l}=\frac{8.268\times10^{-4}}{1.86\times0.98\times3.8}\times10^{-4}=1.194T$$

校验结果，各部磁密均在合理范围。

6. 绕组匝数计算

(1) 主绕组匝数

每相匝数 选$K_E=0.83$

$$N_{\phi m}=\frac{K_E\cdot U_N}{4.44f\Phi K_{dpm}}=\frac{0.83\times220}{4.44\times50\times8.268\times10^{-4}\times0.82}=1213\text{ 匝/相}$$

每极匝数

$$N_m=\frac{N_{\phi m}}{2p}=\frac{1213}{2}=606.5\text{ 匝/极}$$

取 $N_m=606$ 匝/极，则每相实际匝数 $N_{\phi m}=N_m\cdot 2p=606\times 2=1212$ 匝/相

每极线圈分配匝数

$$\omega_{1\text{-}10}=K_1N_m=1.185\times 606=112\ \text{匝}$$
$$\omega_{2\text{-}9}=K_2N_m=0.347\times 606=210\ \text{匝}$$
$$\omega_{3\text{-}8}=K_3N_m=0.283\times 606=172\ \text{匝}$$
$$\omega_{4\text{-}7}=K_4N_m=0.185\times 606=112\ \text{匝}$$

（2）副绕组匝数　每相匝数：选变比系数 $K=0.5$

$$N_{\phi a}=KN_{\phi m}\frac{K_{dpm}}{K_{dpa}}=0.5\times 1212\times\frac{0.82}{0.856}=580\ \text{匝/相}$$

每极匝数

$$N_a=\frac{N_{\phi a}}{2p}=\frac{580}{2}=290\ \text{匝/极}$$

每极线圈分配匝数

$$\omega_{6\text{-}14}=K_1N_a=0.395\times 290=115\ \text{匝}$$
$$\omega_{7\text{-}13}=K_2N_a=0.348\times 290=101\ \text{匝}$$
$$\omega_{8\text{-}12}=K_3N_a=0.257\times 290=74\ \text{匝}$$

7. 导线选择

（1）主绕组线径　选导线电流密度

$$J=6.5\text{A/mm}^2$$

$$d_m=1.13\sqrt{\frac{I_m}{J}}=1.13\sqrt{\frac{0.52}{6.5}}=0.319\text{mm}$$

选用 $\phi0.31$mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

（2）副绕组线径　取比值系数 $t_D=0.67$

$$d_a=t_D\cdot d_m=0.67\times 0.31=0.207\text{mm}$$

选用 $\phi0.21$mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

8. 校验线负载

由绕组布线图查得主绕组占槽 $Q_m=14$ 槽，

$$A=\frac{2N_{\phi m}I_m}{\pi D_{i1}\dfrac{Q_m}{Q_1}}=\frac{2\times 1212\times 0.52}{3.14\times 5.1\times\dfrac{14}{18}}=101.2\text{A/cm}$$

实际线负载在合理范围。

四、电容分相起动电动机重绕计算实例

有一带起动开关的无绕组电容起动电动机，铭牌功率 $P_N=250$W，额定电流 $I_N=3.1$A，转速 1420r/min。试求重绕数据。

1. 实测原始数据

铁心外径　$D_1=12.8$cm

铁心内径　$D_{i1}=7.6\text{cm}$

定子叠厚　$l=5.9\text{cm}$

定子齿宽　$b_{t1}=0.36\text{cm}$

定子轭高　$h_{j1}=0.9\text{cm}$

定子槽数　$Q_1=24$ 槽

2. 绕组方案选择

每极槽数为6，考虑起动后副绕组不参与运行，拟采用主、副不同的布线方案。

(1) 主绕组正弦布线　由表2-1选用方案4，即3B布线，每极线圈分布百分比：$K_1=50\%$，$K_2=36.6\%$，$K_3=13.4\%$，绕组系数 $K_{dpm}=0.856$

(2) 副绕组等匝线圈布线

绕组极距

$$\tau=\frac{Q_1}{2p}=\frac{24}{4}=6\text{ 槽}$$

副绕组取每极2圈，即主、副占槽比3:2，故副绕组占槽数 $Q_a=24\times2/5=9.6$ 槽

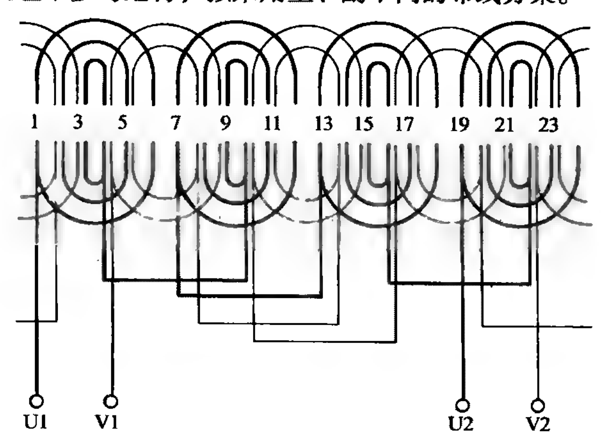


图3-26　主、副绕组布接线展开图

副绕组系数

$$K_{dpa}=\frac{0.434\times2p}{Q_a\sin\left(\frac{90°}{\tau}\right)}=\frac{0.434\times4}{9.6\sin\left(\frac{90°}{6}\right)}=0.699$$

主、副绕组布接线如图3-26所示。

3. 气隙有效磁通

选极弧系数 $\alpha=0.68$，气隙磁密 $B_\delta=0.6\text{T}$，计算定子极距 $\tau=5.97\text{cm}$，齿距 $t_1=0.994\text{cm}$

$$\Phi=\alpha\tau lB_\delta\times10^{-4}=0.68\times5.97\times5.9\times0.6\times10^{-4}=14.37\times10^{-4}\text{Wb}$$

4. 主绕组计算

(1) 每相匝数　选 $K_E=0.8$

$$N_{\phi m}=\frac{K_EU_N}{4.44f\Phi K_{dpm}}=\frac{0.8\times220}{4.44\times50\times14.37\times10^{-4}\times0.776}=711\text{ 匝/相}$$

(2) 每极匝数

$$N_m=\frac{N_{\phi m}}{2p}=\frac{711}{4}=178\text{ 匝/极}$$

取 $N_m=178$ 匝/极，则每相实际匝数

$$N_{\phi m}=712\text{ 匝/相}$$

（3）主绕组每极线圈分配匝数

$$\omega_{1\text{-}6}=K_1N_m=0.5\times178=89\text{ 匝}$$

$$\omega_{2\text{-}5}=K_2N_m=0.366\times178=65\text{ 匝}$$

$$\omega_{3\text{-}6}=K_3N_m=0.134\times178=24\text{ 匝}$$

（4）导线选择　选导线电流密度 $J=8\text{A/mm}^2$，分相起动电动机主绕组电流 $I_m=I=3.1\text{A}$

主绕组线径

$$d_m=1.13\sqrt{\frac{I_m}{J}}=1.13\sqrt{\frac{3.1}{8}}=0.703\text{mm}$$

选用 ϕ0.71mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

5. 副绕组计算

（1）副绕组每极匝数　选变比 $K=0.80$

$$N_a=K_mN_m\frac{K_{dpm}}{K_{dpa}}=0.80\times178\frac{0.776}{0.699}=158\text{ 匝/极}$$

（2）副绕组每圈匝数

$$\omega=\frac{N_a}{2}=\frac{158}{2}=79\text{ 匝}$$

（3）副绕组导线选择　取比值系数 $t_D=0.65$

副绕组线径

$$d_a=t_Dd_m=0.65\times0.71=0.46\text{mm}$$

选 ϕ0.47mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

6. 校验

（1）定子齿部磁密校验

$$B_{t1}=\frac{B_\delta t_1}{0.93b_{t1}}=\frac{0.6\times0.994}{0.93\times0.36}=1.78\text{T}$$

（2）定子轭部磁密校验

$$B_{j1}=\frac{\Phi}{1.86h_{j1}l}\times10^4=\frac{14.37\times10^{-4}}{1.86\times0.9\times5.9}\times10^4=1.45\text{T}$$

（3）线负载校验

$$A=\frac{2W_{\phi m}I_m}{\pi D\dfrac{Q_m}{Q_1}}=\frac{2\times712\times3.1}{3.14\times7.6\times\dfrac{24}{24}}=184.7\text{A/cm}$$

校验值均在允许范围。

(4) 起动电容器选择

1) 电动机电能效率

$$\eta\cos\varphi=\frac{P_2}{U_N I}=\frac{250}{220\times0.31}=0.366$$

2) 起动电容器容量

$$C_q=\frac{6600\sqrt{I}}{U_N(1-\eta\cos\varphi)}=\frac{6600\times\sqrt{3.1}}{220\times(1-0.366)}=83.3\mu F$$

3) 起动电容器工作电压

$$U_q=(0.65\sim1.36)U_N=1.1\times220=242V$$

选用100μF、250V CD型铝壳电解电容器。

五、重绕电动机的性能调整

电动机绕组重绕计算仅在无法找到原绕组数据的情况下采用。由于单相电动机的理论分析和绕组设计方面的经验积累均没有三相电机完善，特别是单相电动机的变比及分相、起动元件（电容器）的选择，是影响电动机性能的重要因素，其参数的选择既不可孤立地由公式决定，又不能像设计那样利用性能计算来作理论效果检验，从而给重绕计算的准确性增加了难度。为此，根据铁心尺寸估算数据的电动机在重绕修复后，若起动、运行性能达不到使用要求时，可参考表3-7进行参数调整。

表3-7 分相电动机重绕性能参数调整表

序号	性能	可能原因	调整措施	调整后对性能产生的附加影响
1	起动转矩不足	(1) 定转子漏抗太大	(1) 减少定子绕组匝数	(1) 磁路饱和程度增加，引起电磁噪声增加 (2) 空载电流增大，$\cos\varphi$下降
			(2) 适当车小转子外径，增加定、转子气隙	(1) 空载电流增大，$\cos\varphi$下降，故要慎用 (2) 谐波磁场减弱
		(2) 转子电阻值太小	适当缩小转子端环截面尺寸，以增加转子电阻	(1) 要慎用。车小端环将引起转速降低，机械特性变软 (2) 效率相应降低
		(3) 电阻分相起动电动机副绕组电阻对主绕组电抗比值过小	适当减少主、副绕组有效匝比	起动电流增加
			减小副绕组导线直径	电流密度增加，发热也随之增加
			线圈采用双回线反绕	(1) 能改善散热效果 (2) 槽满率增高
		(4) 电容分相起动电容器容量不足	适当增大匝比	起动电流增加
			增大电容器容量	起动电流增大，电容器电压升高

（续）

序号	性能	可能原因	调整措施	调整后对性能产生的附加影响
2	起动电流过大	漏抗太小	适当增加定子匝数	（1）起动电流减小，机械特性变软 （2）最大转矩及起动转矩下降
		有效匝比选择不当	（1）对电阻分相电动机应适当增加匝比 （2）对电容分相电动机要适当减小匝比	起动转矩减小
		电容器容量选用过大	适当减小电容器容量	（1）电容器工作电压降低 （2）起动转矩减小
3	过载能力太差	定、转子漏抗太大	同序号1各项	同序号1各项
		定子折算到转子的电阻过大	提高气隙磁密，减少定子匝数	（1）磁饱和程度增加 （2）$\cos\varphi$ 下降 （3）定、转子电抗下降而使起动电流、起动转矩及最大转矩增加
4	运行效率低	定子铜耗太大	尽量缩短线圈端部长度	增加线圈嵌线难度
			增大线径，降低电流密度	槽满率增高，嵌线困难
			减少定子绕组匝数，使定、转子电阻同时减小，使铁损相对增加	（1）磁密增加，空载电流增大，$\cos\varphi$ 下降 （2）定、转子漏抗减少，起动电流增加
		铁耗过大	增加定子匝数	（1）增加用铜量，修理成本增加 （2）定、转子电抗增大，使起动转矩和最大转矩下降
		机械损耗太大	（1）选用高质量轴承 （2）采用优质润滑油脂	增加修理、材料成本
			提高装配质量	增加技术难度和装配工时成本
			改用新型螺旋式风叶	增加制作难度和成本
5	功率因数太低	空载电流太大	适当降低磁密，增加定子匝数	虽然能在一定程度上提高功率因数，但由于定转子漏抗的增加而导致最大转矩和起动转矩的下降，电抗电流的增大，从而削弱了提高功率因数的效果
		电容运转电动机选择的匝比与电容量匹配不当	调整匝比与电容量的匹配。一般欠补偿时适当增大电容量；过补偿则减少电容量	（1）同序号1中可能原因第（4）项 （2）同序号2中可能原因第（3）项

第六节 单相电动机定子绕组重绕步骤与工艺

电机绕组是最易发生故障的部位，一旦出现故障都要修理，若局部检修不能使其功能恢复正常，就必须进行大修重绕。通常，重绕修复一台电机的总费用约为购换新机价格的三分之二，所以，重绕修理不但节约成本，而且也是节省能源消耗途径之一，还是电机制造不可替代的行业。下面就单相电动机常用的分布式定子绕组的重绕修理进行介绍。

一、定子绕组的拆除

电动机重绕不同于同型号的批量修理，由于待修电机的种类繁杂，一般只能采用手工散嵌操作，原始数据的记录对重绕修复尤为重要。所以，拆线时必须把这一步做好。

1. 原始数据记录要点

一般来说，重绕要求修理后的电机保持原有性能，故重绕数据必须与原始数据相符，所以，详实的记录是修理质量的可靠保证。下面是记录的要点：

（1）重绕数据记录卡　在原始记录中，电机某些技术参数可由铭牌直接取得，而绕组数据则要在拆除绕组过程中进行记录。所记项目最好列表填写，它既方便，又可作为资料卡，供今后重绕修理时的资料参考。单相电动机记录卡片格式见表3-8。

表3-8　单相异步电动机重绕数据记录卡　　　修理编号____

<table>
<tr><td colspan="2">电机型号</td><td>(CO_2—9014)</td><td>功率</td><td>W</td><td>电压</td><td>V</td><td>电流</td><td>A</td></tr>
<tr><td colspan="2">转速</td><td>r/min</td><td>绝缘等级</td><td></td><td>厂家</td><td></td><td>出厂编号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">电容器型号</td><td></td><td>电容量</td><td>μF</td><td>电容耐压</td><td>V</td><td>出厂日期</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">定子铁心/mm</td><td>外径</td><td></td><td>内径</td><td></td><td colspan="4" rowspan="4">槽形及尺寸</td></tr>
<tr><td>轭高</td><td></td><td>长度</td><td></td></tr>
<tr><td>齿宽</td><td></td><td>槽数</td><td></td></tr>
<tr><td>绕组</td><td>型式</td><td>节距槽号</td><td>线圈匝数</td><td>线径/mm</td></tr>
<tr><td>主绕组</td><td>4B</td><td>1—9
2—8
3—7
4—6</td><td>34
29
22
11</td><td>(0.95)</td><td colspan="4" rowspan="2">绕组接线图　a = 1</td></tr>
<tr><td>副绕组</td><td>3A</td><td>5—14
6—13
7—12</td><td>27
51
27</td><td>(0.60)</td></tr>
<tr><td>调速绕组</td><td>(—)</td><td>(—)</td><td>(—)</td><td>(—)</td><td colspan="4">试验数据</td></tr>
<tr><td colspan="5" rowspan="6">绕线模形及尺寸</td><td colspan="3">主绕组对地绝缘</td><td>MΩ</td></tr>
<tr><td colspan="3">副（调）绕组对地绝缘</td><td>MΩ</td></tr>
<tr><td colspan="3">主（副、调）绕组间最低绝缘</td><td>MΩ</td></tr>
<tr><td colspan="3">耐压（1min）</td><td>kV</td></tr>
<tr><td colspan="3">空载试验电压</td><td>V</td></tr>
<tr><td colspan="3">空载试验电流</td><td>A</td></tr>
<tr><td colspan="2">完工日期</td><td></td><td>修理者</td><td></td><td>检验员</td><td></td><td>日期</td><td></td></tr>
</table>

注：表中填入数据是填写参考的示例。

（2）并绕根数与并联路数　单相电动机一般属功率较小的小功率电机，故常用一根导线绕制线圈，如表3-7中主绕组线径栏中的0.95即表示为线圈是单根0.95mm直径的导线绕制，即并绕根数为1；若二根并绕则表示为“2－ϕ0.67”；若两根不同线径的导线并绕则表示为“ϕ0.71＋ϕ0.63”。并联路数a是确保一相串联匝数不变的前提下，将一相绕组分为二个（或多个）并联分路，从而达到类似并绕的效果，但重绕时必须按原始状况记录于表3-7的“绕组接线图”栏中，如表中$a=1$表示绕组是一路（串联）接法；若二路并联则表记为$a=2$。余类推。

（3）槽形及尺寸的记录　槽形尺寸是作为重绕或改绕时用以校验磁密及槽满率的参考，目前单相电动机铁心梨形槽或梯形槽要求标示的尺寸如图3-27所示。

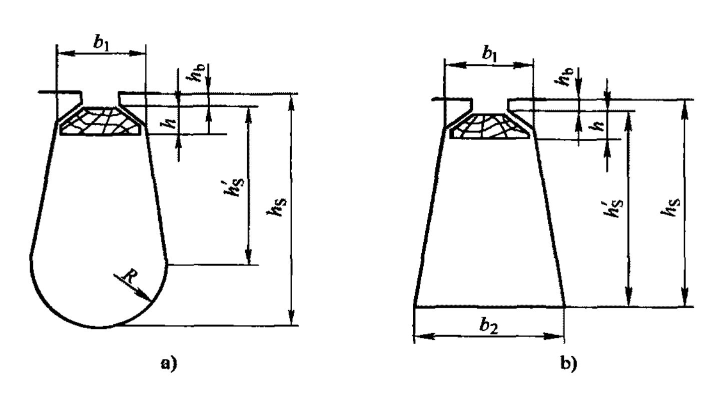


图3-27　电动机定子铁心常用槽形及尺寸
a）梨形槽　b）梯形槽

（4）绕线模图形及尺寸　电机绕组的线圈是用绕线模绕制的，常用绕线模的形状如图3-28所示。绕线模的大小直接影响重绕质量，如线圈较大则嵌线容易，但平均匝长增加，导致铜损耗过大使电动机性能下降，严重时还会造成绕组端部与机盖碰触引起接地故障；若绕线模做得过小，则线圈嵌线困难，甚至无法嵌入。所以拆线时要量好图中标示的尺寸。通常，梭形线模主要用于功率较大的双层绕组线圈；而单相电动机多用鼓形绕线模。其中，单层交叉式有两种规格，即双圈组的两只线圈规格相同，而单圈组的L_D值相同，但模宽A的尺寸相应缩窄。同心式（包括正弦式）绕组则由几只不同节距

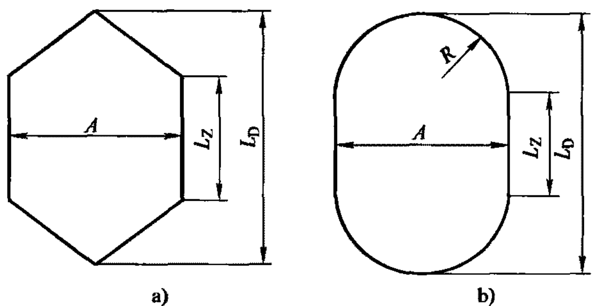


图3-28　电机线圈常用绕线模尺寸
a）梭形线模　b）鼓形线模

的"塔模"连绕线圈组，最大线模总长 L_D 由拆线时实测该线圈顶端内侧确定，或由下式计算：

$$L_D = L_D' - (2.2 \sim 2.4) b_p$$

式中 L_D——线模（或塔模最大线模）总长（cm）；

L_D'——实测电机定子绕组两端部距离（cm）；

b_p——定子槽的中部宽度（cm）。

次级绕线模总长较前级短些，即

双层布线 $L_{DY} = L_D - 1.6b_p$

单层布线 $L_{DY} = L_D - 2b_p$

绕线模直边必须长于铁心总长，可由下式确定，即

$$L_Z = L + 2l$$

式中 L——定子铁心长度（叠片厚度）（cm）；

l——伸出槽口长度，单相电动机可由表 3-9 选取较小值。

表 3-9 绕组绕线模直边伸长尺寸 （mm）

电机中心高	≤112	132～200	225～280
l	10～15	13～16	18～20

绕线模的厚度一般取槽深的一半左右。模心夹板形状与绕线模相似，但尺寸则放大 1～2.5cm。

（5）绕组接线图　绕组接线要在拆线前查清，并在拆线过程进一步确认无误，然后画出接线的简化图或作详细说明记录。如有绕组图集的，可找出相对应的绕组图，并在卡中标注该图号，以便重绕接线时参考。

2. 电机绕组的拆除

电机绕组经浸漆烘干后，绕组已粘结成整体，非常坚固，拆线是比较困难的。通常的拆线方法有冷拆法、热拆法和化学溶解法等几种，但效果均不如人意。如热拆需将绕组加热至 120～130℃，其软化程度并不明显，况且在此高温之下也很难操作，若待稍冷则坚实依然。有的化学溶剂效果较好，但其毒性很大而有害操作者健康。所以目前较多采用冷态下拆线。

冷拆时先用锤将端部线匝敲松，除去槽楔后，用尖嘴钳一根根将线匝从槽口退出，但此法工效很低。目前在工厂的专业修理则用电动或手动拆线机拆线。另外，近年较多采用的另一种冷拆方法是先用斜口凿在接线端沿槽口将整个端部凿出，把定子竖起，用截面略小而形状近似槽形的钢棒，从槽口端用手锤敲击，使钢棒将槽内线圈挤压，并依次在各槽口进行，最后可使整个绕组从另一端退出。原凿出的接线端则留作核查绕组接线之用。这种方法效果较好，但操作不当则容易损坏铁心。

二、清槽及剪裁绝缘件

绕组拆除后，要用清槽铲将槽内粘结的绝缘物铲去，再用钢丝通条在槽中来回推

拉，将残留物清刷干净。然后检查槽口及槽内壁，对变形、移位的齿片作复位修正，对槽内因短路造成的烧结点进行铲除并修整平滑，最后用压缩空气吹扫干净，再涂上一层稀释绝缘漆，再经烘干后备用。

1. 电机绕组主要绝缘材料

单相电动机重绕的绝缘材料是根据绝缘等级选用。目前大多数新系列产品都采用E级绝缘和高强度漆包线，其最高工作温度可达120℃。小型电机常用的绝缘材料参考表3-10。

表3-10　单相电机常用绝缘材料及用途

品种及名称		型号	适用浸渍漆	绝缘等级	主要用途
玻璃漆布带	三聚氰胺醇酸玻璃漆布带	2432	醇酸漆	E（B）	用于湿热带或高温环境电动机的衬垫绝缘、线圈绝缘
	环氧玻璃漆布带	2433	环氧酯漆	E（B）	用于包扎环氧酯浇注的特种电动机绕组、电器线圈
	硅有机玻璃漆布带	2540	有机硅漆	H	耐高温电动机绕组绝缘、线圈绝缘及电器衬垫
薄膜	聚酯（透明）薄膜（M）	6020		E（B）	中小型电机槽绝缘、匝间绝缘、相间绝缘
	聚酯薄膜青壳纸（DM）	6520		E	低压小电机绕组绝缘、其他电器衬垫绝缘
	聚酯薄膜玻璃漆布复合箔	6530		E（B）	用于湿热带的电动机槽绝缘、层间绝缘
	聚酯薄膜聚酯纤维纸复合箔（DMD）			B	用途同6530但耐热性能稍高
漆布绸类	黄漆布带	2010、2011 2017、2012 2015、2016	油基漆	A	电动机衬垫及线圈包扎绝缘
	黄漆绸	2010、2011 2212	油基漆	E、A	电动机绕组包扎绝缘及衬垫绝缘
	虫胶换向器云母板	5535		A	换向器片间绝缘
	环氧换向器粉云母板	5536		B	换向器片间绝缘及中小型转子滑环间绝缘
	沥清绸云母带	5032		A、E、B	耐高温电机绕组绝缘、电器线圈绝缘

2. 槽绝缘与层间绝缘

槽绝缘是线圈与铁心之间电隔离的主绝缘，目前多已采用E级和B级绝缘等级。槽绝缘的结构与规格见表3-11。

表 3-11　电机绕组槽绝缘结构及绝缘厚度　　(mm)

绝缘等级	绝缘材料	定子中心高		
		<120	132 ~ 160	180 ~ 280
E 级	6520	0.20 ~ 0.22	0.20 ~ 0.22	0.25 ~ 0.27
B 级	DMD	0.20 ~ 0.25	—	—
	DMD + M	0.20 + 0.05	—	—
	DMDM	0.20 ~ 0.25	0.30	0.35

电动机槽绝缘有两种形式，一种是折边式如图 3-29a 所示。它的槽绝缘 a 引出槽口兼作引槽纸，当嵌线完毕后沿槽口剪去伸出部分，并反折于槽内（见图 3-29b），最后插入槽楔压住。另一种是槽封式，在槽中安置如图 3-29c，嵌线时需另加引槽纸 B，该槽全部导线嵌入后将引槽纸抽出，再插入槽口封条 C，并压入槽楔。槽绝缘的宽度尺寸可参照图示并按实际槽形尺寸裁剪，引槽突出槽口尺寸约 10 ~ 20mm。槽绝缘纸长度应长于铁心，即

$$l = L + 2e$$

式中　l——槽绝缘纸长度（mm）；

L——铁心长度（mm）；

e——伸出长度（mm），可参考表 3-12 选取。

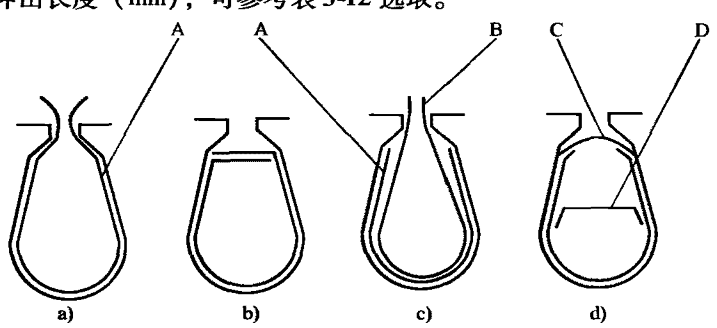


图 3-29　电动机槽绝缘的两种型式

表 3-12　槽绝缘伸出铁心（一端）长度　　(mm)

电机中心高	≤90	90 ~ 112	132 ~ 160	180 ~ 280	≥310
伸出长度	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 10	12 ~ 15	15 ~ 20

双层绕组槽内的上、下层线圈边之间还需放置层间绝缘，如图中的 D 所示。

槽封条和层间绝缘用材与槽绝缘相同，其宽度尺寸由下式确定，即

封条剪裁宽度　$b_f = (1.2 \sim 1.3)\ b_1$

层间绝缘剪裁宽度　$b_n = 1.7b_p$

槽封条及层间绝缘的长度 $l_f = l + (10 \sim 15)$

式中 b_1——槽形上部（转角处）的宽度（mm）；

b_p——槽形中部宽度（mm）；

l——槽绝缘纸长度（mm）。

3. 绕组端部绝缘

绕组的端部绝缘又称隔相纸，绝缘结构大致与主（槽）绝缘相同。对单相电动机，通常是指主、副绕组之间的相间绝缘，或是平面之间的端部绝缘。端部绝缘的形状为线圈端部的半月形，其大小要求能隔开线圈组端部，尺寸没有严格规定，通常是裁剪时放大一些，待整形完成后再剪除高出的多余部分。

4. 槽楔与接线头绝缘

电动机每槽绝缘封口后，要从槽口端插入槽楔（见图 3-27a、b），以防槽内导线松动。槽楔选用与绝缘等级适应，常用的槽楔材质、规格见表 3-13。

表 3-13 电机修理用槽楔规格及厚度 （mm）

电机规格（中心高）	B 级绝缘	E 级绝缘	A 级绝缘
	玻璃布层压板 MDB 复合槽楔	3020，3021，3022，3023，3025，3027 层压板槽楔	竹木槽楔
80 ~ 160	0.50 ~ 0.60	1.5 ~ 2.0	2.0 ~ 3.0
180 ~ 315	0.60 ~ 0.80	2.0	3.0 ~ 3.5

接线头绝缘目前通用套管，B 级绝缘用醇酸玻璃丝套管，E 级则用涤纶或玻璃丝套管套入后再浸漆。

三、线圈绕制与嵌线

1. 绕制线圈

除换向器式的较小转子电枢绕组采用手工直接缠绕之外，一般电机都是用线圈嵌线，所以嵌线前要把线圈绕制备用。线圈绕制是先将绕线模连两边的夹板放入绕线机上计数绕制，绕前在模板四面嵌下一段扎绳，并核查线圈匝数和导线规格应无误，如绕线圈组一组塔模和夹板。对于导线较粗的线圈要求排绕，但对导线较细的单相线圈，排绕较困难，故“乱绕”时也要尽量避免过多的导线交叉。每只线圈绕足匝数后，经绑扎好才卸模。一组线圈绕完后要留足引线，取下线圈时请标示匝数，以免主、副线圈混淆。

对有反绕匝数的线圈，当绕足正绕匝数后，将一端部绑扎好再反绕所需匝数。

2. 绕组嵌线

嵌线时先插入槽绝缘及引槽纸。

（1）电机定子嵌线操作要领　一般来说，线圈嵌线的操作手法是通用的，单相电机定子嵌线是单人操作，即将定子横向置于工作台，取出线圈并解开有效边上的绑线，左右手用拇指和食指分别捏住线圈两有效边，同向扭转一定角度后，两手将即嵌边进行“捏扁”并疏导理顺导线，然后把即嵌边靠近定子右侧槽口斜着将有效边导线压入槽

内，如图3-30所示。即使左手移从定子左侧伸入内腔与右手配合，向左边拉边压，使线圈边的导线全部进入槽内，如有部分未进槽的线匝，可用滑线板将其逐根划入槽内，再来回扯动，使之理顺。

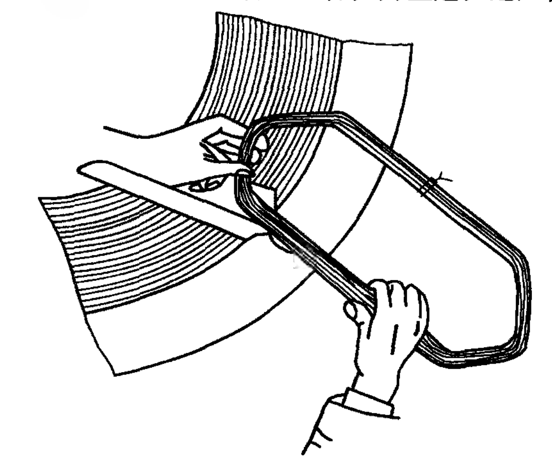
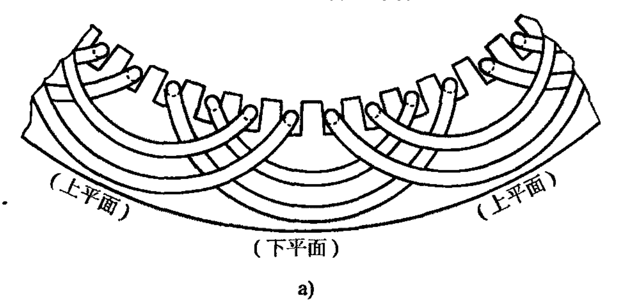


图3-30　电机定子嵌线操作示意图

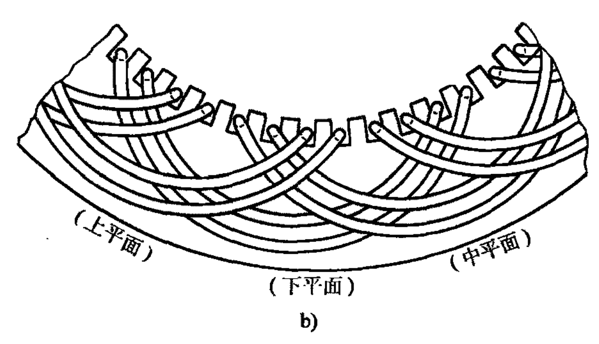
（2）线圈嵌线方法

1）整嵌法　它是把一个线圈两有效边相继嵌入所跨两槽，称为整嵌法。这种嵌法可使绕组端部形成明显的层次，如图3-31a即是上下层次分明的双平面绕组；图3-31b则是三平面绕组，它主要用于单相的显极式布线的绕组。

2）交叠法　交叠法属吊边嵌线法，它的一个线圈两有效边不能同时（相继）嵌入槽内，而是先将一边先嵌入槽内，另一边吊起，暂不嵌入跨距槽，而是要等跨距内的“沉边”嵌入后，才能把吊边嵌到相应槽内而成为“浮边”。由于目前的单相电动机主要采用分相整嵌的正弦绕组，所以交叠法嵌线已很少应用。但在部分电扇及A类布线的正弦绕组最大线圈，仍采用交叠嵌法。图3-32是交叠嵌线的单层绕组端部的布线状况。但在吊扇等双层绕组中，仍有相当部分采用交叠嵌线，图3-33是双层叠绕的端部布线状况。



a)



b)

图3-31　单相同心式整嵌法双平面及三平面绕组端部状况
a）双平面布线　b）三平面布线

单相电动机绕组嵌线既可用整嵌法，也可用交叠嵌法，但由于它的绕组属两相绕组，故一般都采用分相整嵌；即先嵌主绕组，衬垫好相间绝缘再嵌副绕组，从而构成双平面结构。即使对具有第3个绕组的抽头调速电动机，因它的调速绕组从相位上是归属于主绕组或副绕组，依旧仍是两相绕组。另外，A类安排的正弦绕组属同心绕组的特殊型式，虽然它的最大线圈是同相同槽，规范

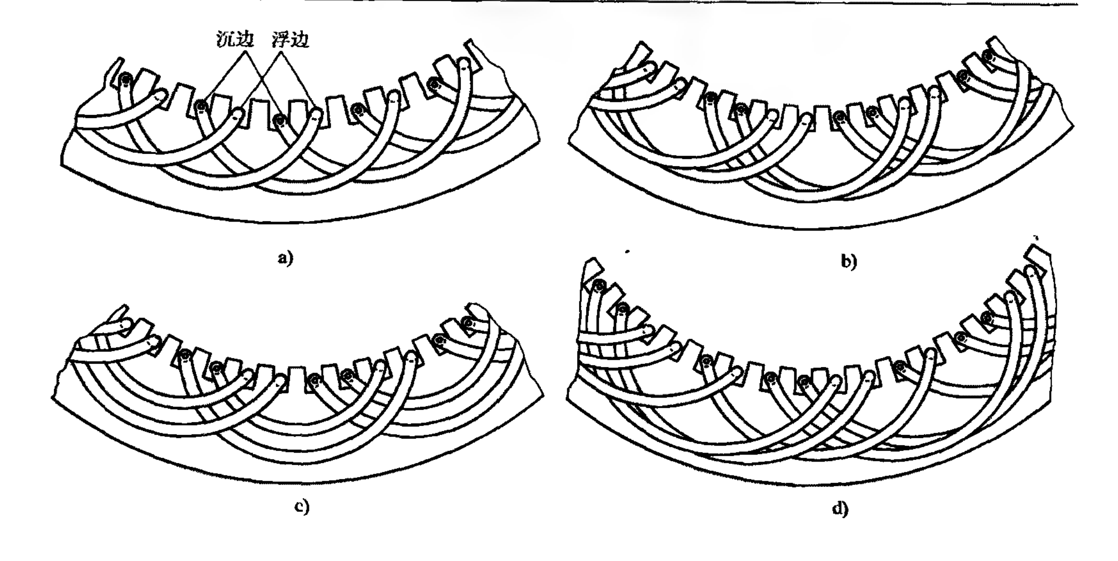


图 3-32　单层几种型式绕组交叠布线的端部状态

a）单链绕组布线的端面布线状况　b）单层叠式绕组 $S=2$ 时交叠布线的端面布线状况

c）单层同心式绕组 $S=2$ 时交叠布线的端面布线状况　d）单层交叉式绕组布线的端面布线状况

的嵌线是整嵌法，但最大线圈则交叠嵌入；但嵌线也可改用整嵌，这时只要将对称线圈组整嵌即可。所以，单相绕组主要采用整嵌法。此外，每组线圈的嵌线次序是从小到大，逐个整嵌。

四、绕组接线

重绕电动机绕组接线必须与原绕组相同。单相电动机每极绕组的接线是由磁极极性决定的，而任何电机定子的相邻磁极的极性都是相反的。然而，磁极的极性则由本极线圈（组）的电流方向（极性）确定，所以必须使相邻两极线圈（组）的电流相反。由于定子绕组有不同的布接线型式，故不同的绕组有不同的接线。

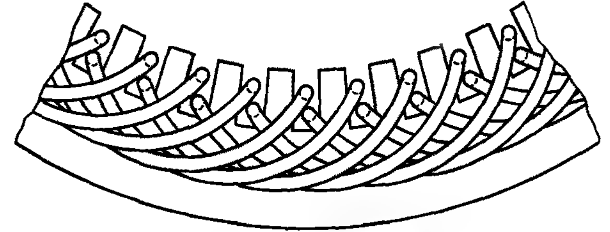


图 3-33　双层叠式绕组端部布线状况

1. 根据布线型式接线

（1）显极接线　它的每极有一线圈（组），如图 3-34a 所示。4 极定子每相就由 4 只线圈（组）组成，其接线是一正一反，即相邻线圈组反极性串联形成 4 极。这就是显极接法，也是电动机定子绕组的常规接线方法。如本书图 2-7 至图 2-16 等等都属显极接线。

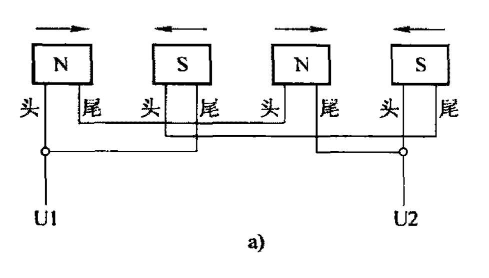
（2）庶极接线　采用庶极布线的绕组必须用庶极接线。如果电机一相的线圈组数

只有极数的一半，则此绕组属庶极布线。图 3-34b 就是由两组线圈串联而成的一相 4 极绕组，由图可见，它的两组线圈是顺接串联，即两组线圈电流方向相同而形成相同的 N 极性，从而感应产生两个 S 极。一般来说，庶极绕组实际应用不多，在单相电动机中，主绕组都是显极布线，而只有少部分副绕组用庶极布线。实际应用中，如本书图 2-4 至图 2-6 的副绕组就是庶极绕组。

图 3-34 4 极定子常规（串联）接线
a）显极（常规）接法 b）庶极接法

2. 绕组的并联接线

目前，单相电动机产品中，除 YC 系列外均属小功率电机，因电流较小，其绕组一般都设计成单路串联接线，但也有个别产品或重绕后改用两路并联的。图 3-35 是 4 极电动机一相绕组的并联接法，其中图 a 是显极布线时的两路并联；图 b 则是庶极的两路并联。



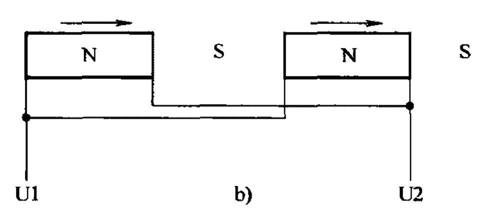


图 3-35 4 极电动机一相绕组两路并联接法
a）显极接法 b）庶极接法

3. 绕组接线工艺

电动机绕组的连接方法有绞接、对接、扎接和套接等几种，但单相绕组的导线较细，故通常只采用绞接法。如线圈与线圈或线圈组之间的连接是把线头两端导线的绝缘漆皮刮削干净，对过细的导线则用酒精灯火焰加热去除漆皮。然后将两个线头同向并在一起拧绞连接，如图 3-36a 所示。对绕组引出线的连接，一般都用多股软绝缘导线引出，这时可将连接的导线端刮干净后，用电烙铁加热后上锡，再将其缠绕在引出线端，如图 3-36b 所示。

然后，再用电烙铁将焊接处进行加热，并用松香作焊剂，在加热过程使松香受热溶化并渗入到导线间隙内部，待施焊点达到溶锡温度时，加入松香焊锡条，等焊锡浸润焊接处即可。最后用烙铁清除多余的焊锡，使焊点饱满、光滑，冷却后再把焊剂清除干净。

五、定子绕组整形与绑扎

绕组连接焊好后即套上绝缘套管，再检查槽绝缘及端部绝缘，如有错位走偏或损坏等，要进行修整纠正，然后把绞接线头连同套管向同一方向扳下紧贴绕组端顶，再用橡胶锤对绕组端部进行轻敲整形，特别是要把高出的端部线圈敲平，使整个绕组端部的线

圈低于铁心并呈喇叭口状。整形后再次检查各部绝缘位置应正确，对线圈端部多余突出的绝缘纸重新修剪整齐。最后，用尼龙线把引出线、连接线头（包括套管）与绕组端部一起绑扎牢固。

六、质量初检与浸漆烘干

由于线圈嵌线过程可能会因操作不当或其它意外原因，导致新嵌的线圈出现绝缘损伤而造成接地、短路故障。所以，绕组在浸漆之前必须进行一次质量初检，从而使故障隐患于浸漆之前发现并排除。这时重绕电动机尚属半成品，故属半成品质检。主要项目有外观检查、绕组绝缘质量检查、接线正确性检查等。详细可参考第八章的质检及试验内容介绍。

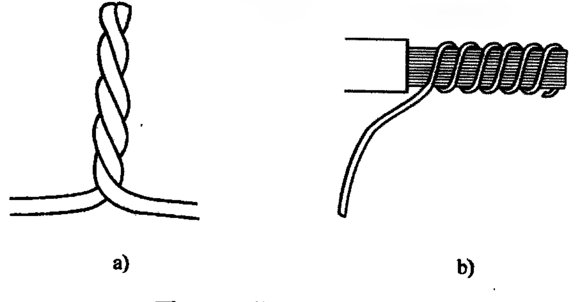


图 3-36 绕组连接的方法
a）绞接法 b）缠绕方法

电动机重绕后都要进行浸漆烘干处理，使绝缘漆浸透到绝缘材料与导线之间的空隙，并使表面形成一层漆膜，从而提高绕组的电气绝缘强度和绕组的防潮、耐热能力；同时将比较松散的新嵌绕组导线，通过绝缘漆将其胶合起来，再经烘干之后构成一个坚固的整体，从而防止运行中的振动和其它原因造成的机械冲击所导致的损伤。

1. 绕组浸漆、烘干的工艺程序

电机绕组重绕后的浸烘工艺要经过预烘、浸漆和烘干三个步骤。

（1）预烘 为了驱除因嵌绕过程被绝缘材料吸入的潮气，在电机浸漆之前应进行预烘加热，进而使浸渍漆充满绝缘物空间，确保绝缘强度提高。

预烘温度是根据绝缘材料决定的，如目前单相电动机采用 E 级绝缘，其预烘温度一般可选在 110～120℃ 较为合适。此外，预烘要从低到高升温，初始烘，升温速度为 20～30℃/h，达到预烘温度后定时测量绕组绝缘电阻，并保持 4～8h；当在 3h 内绝缘电阻变化不大于 10%，且热态绝缘大于 3MΩ 时预烘结束。

（2）浸漆 电机绕组浸漆的方法有：沉浸、淋浸、滚浸、滴浸以及真空浸漆等多种。目前重绕修理的单相电动机主要采用沉浸或淋浸，沉浸是将整个电机定子沉入漆池（盘）中，并使漆面高出 10cm。其特点是工效高，渗透性好，但用漆量大，故适合于批量浸漆；对非批量修理则通常采用淋浸，即把定子放于漆盘，用盛漆勺将绝缘漆浇淋向绕组上端部，当漆液灌透后，在常温下滴去余漆，再把定子翻置后再淋另一端绕组。淋漆的工效较低，但耗漆量少，故适用于修理台数不多、规格不同时采用。

（3）淋漆烘干的操作工艺

1）取出预烘的电机绕组，待温度降至 70℃ 左右，将其垂直支承于漆盘中；

2）将绝缘漆调至#4 福特杯 18～22s，用勺将漆从定子绕组上端淋下，使漆液灌透绕组，约需时 5～8min；

3）停置滴漆约 20min 后，把定子翻转，再把绝缘漆淋向另一端绕组，渗透后即完成第一次浸漆；

4）定子再停置滴漆过程，用蘸有松节水的抹布或毛刷把定子铁心内腔表面和机壳上的余漆抹去；

5）工序进入第一次烘干，目的是加速挥发绝缘漆中的溶剂和水分，使绕组初步形成较坚的漆膜。烘干分两个阶段：初烘约需 1～2h，温度不宜过高，一般应在 85～100℃左右，这样可利于溶剂和水分从内部向外挥发；以后再进入高温烘燥，E 级绝缘的烘温要求在 130～140℃。烘干时间视检测绕组绝缘电阻变化而定，一般约需 12～20h，且绝缘电阻稳定在 2MΩ 以上即可；

6）第一次烘干结束后，为了填补绕组固化时形成的缩隙，同时进一步增厚漆膜厚度，使之进而提高防潮和抗腐能力，E 级绝缘要求进行第二次浸漆和烘干。操作工艺与第一次基本相同，但漆的粘度提高到 30～35s，而固化时间也稍长 2h；

7）刮去残漆，二次烘干完成后，在热态下将定子铁心内圆表面的残漆刮掉，如定子不带外壳浸漆，则还需刮去铁心外圆表面的残漆，对槽楔上的漆层应予保留，但高出铁心处则需清除。此外，对机壳止口部位的残漆也要刮除。

2. 单相电动机定子绕组浸烘的典型工艺

目前单相电动机普遍采用 E 级绝缘，并选用 1032 醇酸绝缘漆浸渍，其典型工艺见表 3-14。

表 3-14　单相定子绕组 E 级绝缘 1032 漆浸烘典型工艺

序号	工序		烘燥温度/℃	干燥时间/h	热测绝缘电阻/MΩ	备注
1	预烘		110～120	4～8	>3	预热必须满足要求
2	第一次浸漆		60～80	>15min		浸漆粘度 18～22s
3	滴干		室温	30min		不滴漆为止
4	第一次干燥	挥发	85～100	1～2	>2	
		固化	130±5	8～10		
5	第二次浸漆		60～80	10～15min		浸漆粘度 35～40s
6	滴干		室温	20min		不滴漆为止
7	第二次干燥	挥发	85～100	1～2		注意定时检测绝缘电阻并作记录
		固化	130±5	10～12	>1.5	

3. 质检与试车

电动机重绕修理后要对其进行质量检测，质检内容大致与半成品相同，但要求更为严格，当检测合格后进行整机装配。然后通电试车并测量相关电气参数。全部合格后才成为修理合格产品。质检和试验内容参看第八章内容。

第四章　罩极电动机修理

罩极电动机和分相电动机同属单相交流感应电动机，不同的是前者的副绕组不与电源交连，但它毕竟是副绕组，其故障同样会发生。因此，其绕组故障仍可参考前述进行检修，而本章则主要讲述结构方面的故障修理。

第一节　罩极电动机的故障与修理

一、罩极电动机的结构与性能

1. 罩极电动机的结构特点

罩极电动机的工作原理是建立在分相电动机基础上，不过副绕组自行闭合而形成罩极短路线圈。定子绕组有分布式和集中式两种。分布式绕组可改善电机运行性能，功率稍大的罩极电动机（如鼓风机等）都采用分布式绕组。绕组布线型式与分相电动机相同，为削弱高次谐波，改善起动和运行性能，目前多采用正弦绕组。集中绕组是凸极式，其圆周利用率低，槽容积占用率也大，故相对用料较多；同时磁极所形成的磁场波形很差，致使运行效率和功率因数都较低，耗费电能较多，所以在功率稍大的电机中已不采用。然而，由于罩极电动机是单相电动机中结构最为简单的一种，且加工制造容易，工作可靠、耐用，对电压波动要求较低，空载及满载的电流变化较小，甚至在转子堵住时，也不致很快烧坏绕组，故目前尚未完全被淘汰，并在较小功率的家用电器中，如小风扇、交流电唱机、微型气泵以及计量仪表中仍被采用。

2. 罩极电动机的起动和调速特点

由于罩极电动机的容量很小，即使其电能效率很低，而它的电流值也不大，故一般都是直接起动而毋需另配起动装置。

罩极电动机的调速方式主要有：

（1）降压调速　它是将电阻、电抗或电容串入电动机回路来实现调速的。这种降压调速方式目前在风扇等电器上仍广泛应用。

（2）机械调速　它是由离心滑杆摩擦盘及摩擦力矩控制机构组成的，俗称为鹤嘴式的机械调速器，并通过改变摩擦盘着力点（即摩擦阻力矩）对电动机进行减速。这种调速方式在一些老式电唱机中曾采用，由于这种调速结构较复杂又容易失灵，目前已很少应用。

（3）圆盘磁滞调速　目前多用作电唱机的稳定转速装置。

（4）特殊调速　它是改变电动机绕组结构型式而制成的变极电动机，即变极调速，其原理可见第二章的图 2-67 及图 2-68。这种调速型式已有实际应用，但不普及。

二、罩极电动机的结构故障与运行故障修理

1. 罩极电动机结构损坏的修理

罩极电动机的结构简单而且坚固，又没有起动开关，电刷等旋转摩擦件，如绕组设计合理，制造工艺精良，再加上使用中的正常维护，则极少发生故障，所以常为小功率家用电器所采用。但若使用环境恶劣，又缺乏适当的维护，或长期过载运行等，也会引发一些故障。有关运行故障的性质、原因及处理方法，一般都与分相电动机相同。唯因其结构存在特殊部分，故亦产生一些特有的故障，例如：

（1）罩极线圈断裂　罩极断裂或焊接不良会引起噪声和振动，起动转矩降低，严重时无法起动。修理时要观察检查，若断裂点在铁心外，可用火焊进行焊接；若断点在铁心内，或经多次断裂而使金属导体呈现疲劳状态时，要将其抽出，用相同直径的铜导线更换后再焊好闭合点。

（2）罩极绕组过热　罩极线圈在运行中处于短路状态，在正常运行时也必然发出热量。当发热过量就会破坏主绕组绝缘，引起短路故障；同时，发热而使铜线表面氧化还可能导致罩极线圈断裂。罩极线圈过热的原因主要有：

1）罩极线圈导线截面过大或线材电阻率过低，均使电阻值过小导致短路电流过大而发热；

2）罩极绕组材料电阻率过高，短路线圈本身所消耗的功率过大也可能导致发热；

3）分布式罩极绕组匝数过多，感应电势高，导致功耗过大而发热；

4）磁通密度选用过高，主绕组匝数过少则每匝电势过大，致使短路电流增加而发热。

因此，罩极绕组过热的故障要通过计算及调整试验才能较好地解决。

（3）漏磁片松动　两磁极极面两端之间的漏磁片松动时，在交流磁场作用下将产生振动而发出铃响似的噪声。检查如发现松动，可将其退出，使凸面向上放在平垫上用小锤轻微敲击，可使其稍为伸展，然后再插入两极端部槽中，其松紧程度以用手推进2/3部位，然后要轻敲到位算为适度。

2. 罩极电动机运行的常见故障

（1）罩极电动机起动困难

罩极电动机起动绕组与主绕组的相位差都小于分相电动机，故其起动转矩不大，通常只有满载转矩的30%～50%，所以不适宜带满负载起动，故常用于如小型通风机、鼓风机之类的轻载或空载起动的负载。起动困难的原因主要有：

1）起动电压过低，起动功率转矩相应减小，导致起动困难。

2）罩极短路线圈断裂或磁场线圈烧坏，便无法形成脉动旋转磁场，导致无法正常起动。此外，罩极线圈焊接不良，电阻值过大，也影响电动机起动性能；

3）起动阻力过大，主要是机械故障所引起的摩擦力过大，如含油轴承严重磨损，使转子与定子碰擦，或轴承使用日久，有锈蚀、缺油、油垢阻碍，或带负载起动等原因所致；

4）电动机的起动转矩会因定、转子相对位置不同而有差异，如起动时转子正处于

起动转矩最低值（死点）位置时，便会发生“堵转”而不能起动；

5）设计时过分考虑最大转矩而忽略起动性能，致使稍带负载便不能起动；

6）磁通密度选用不当，如主绕组匝数过多时，每匝电势减少，起动转矩也减小。

（2）运转无力的故障

电动机运转无力，主要表现是在增加负载时，随着噪振加大的同时转速变慢。其原因可能是：

1）电压过低导致运行功率达不到额定值；

2）轴承缺油或损坏，导致电动机出力消耗在额外新增的机械摩擦损耗上，从而使电动机运行显得出力不足；

3）负载机械损坏卡死，导致过载容量本来就不大的罩极电动机转速变慢，甚至堵转；

4）罩极电阻值过小，导致磁极被罩部分与未罩部分相位失调，脉动旋转磁场畸变，使转矩特性变劣；

5）罩极线圈脱焊，使电动机绕组电抗增大，最大转矩急剧下降，而罩极电动机的满载转矩接近于最大转矩，所以带负载运行时必然导致转速降低，显出运行无力状态；

6）转子笼条或端环断裂，将使电动机运行转矩明显降低。其修理法见分相电动机。

（3）罩极电动机的反转故障

一般单相及三相电动机出现反转都可通过调换出线的极性来调正转向，所以，通常都不把反转视作故障。但罩极电动机（除特殊设计外）是唯一不能以调换电机接线头极性来获得反转的。因为罩极电动机的转向取决于磁极中的罩极部分所处的位置，即转子必定从磁极的未罩部分转向罩极部分。由此可见，反转故障是由拆装过程中将定子铁心反向装配入机座所造成。因此，拆卸罩极电动机必须做好记号。对单边端盖电动机，要将定子铁心（连绕组）从机座中退出后，反向重新装入才可改变转向；若电机定子为筒形双边端盖，则只要把转子抽出后反向出轴即可；而对分布式罩极绕组的电动机，也可将匝数不多的罩极绕组拆除后，按所需转向移位重绕来改变转向。

三、框架式罩极电动机的拆装与调整

通用型罩极电动机（如鼓风机、通风机等）的拆装和修理可参考分相电动机；专用型（如罩极式电扇）在电扇修理中叙述。下面仅介绍一种特殊结构的框架式罩极电动机的修理。

1. 框架式罩极电动机的结构

框架式电动机属集中式罩极电动机的特殊型式，一般只制成 2 极微型电机，见用于鱼缸气泵及简易型电唱机等。它只有一只线圈或绕组，没有明显的凸极，结构如图 4-1 所示。它的磁路由铁心柱、定子铁轭、磁极（定子铁心）和转子等构成，而定子铁心上镶嵌短路环将部分磁极罩住；转子为鼠笼型，由非磁性的轴承支架固定，从而构成框架式罩极电动机。

2. 线圈的拆修与装配

在线圈铁柱与铁轭的圆弧接合部划上记号。取两块小木块将定子铁轭平放垫高，使线圈框架不碰触工作台面，并检查木板不要碰到线圈心柱，用平冲压住凸出线圈部分（即圆弧接合部位靠线圈端）的铁柱，然后用小锤轮换轻敲线圈两端铁心。若感到很紧，可反面试试，择其较松的一面将铁心柱连同线圈一起退出铁轭，并记住退出面。再把线圈连骨架一起从铁柱中脱出。夹在绕线机上退出线圈的导线，要记录匝数和线径。然后按照原数据重绕。

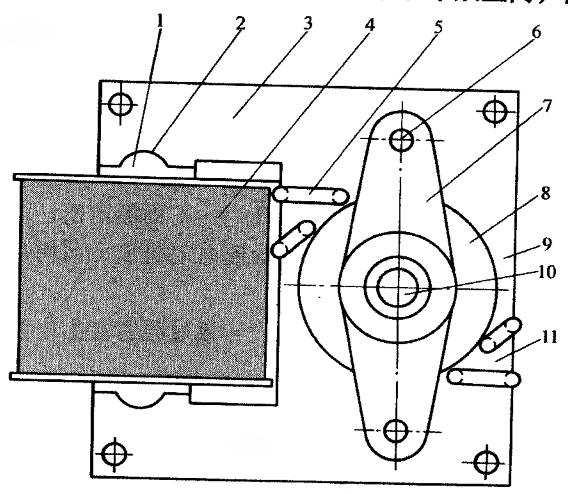


图 4-1　框架式罩极电动机结构
1—铁心柱　2—铁心柱接合端　3—定子铁轭
4—励磁绕组　5—罩极线圈　6—轴承支架螺钉
7—轴承支架　8—转子　9—定子铁心
10—转轴　11—罩极部分

线圈绕好，包扎绝缘后，套回铁心柱，并经浸漆、烘干处理。然后按退出的相反方向将线圈铁心柱压入定子铁轭，并在铁心接缝处滴入几滴热溶的沥青，使嵌装处更加紧密，以避免可能产生振动与噪声。

3. 轴承及支架的检修与调整

框架式罩极电动机没有普通电动机的外壳及端盖，它的转子是靠轴承支架固定的。检修时只要松开支架螺钉，便可卸掉上下支架，支架反面的球形轴承由挡圈，经弹性压圈、海绵垫固定，将挡圈的铆合凸缘挑开便可取出轴承，用汽油或煤油清洗各零件，检查轴承，如严重磨损可更换新配件，或按电扇修理内容进行修复。

装配则按拆卸相反的程序进行，并要向轴承内孔及海绵垫中注入适量的机油。在装配轴承支架时，应在定、转子间隙中均布插入厚度与气隙相近的条状绝缘纸片或铜皮，然后再旋紧支架螺钉。最后抽出气隙垫入物，要求用手试旋转能灵活、轻巧即可使用。

第二节　罩极电动机空铁心的修复性重绕

电动机使用日久不慎铭牌脱落，而修理过程中，因工作变动或其他原因而几经易手，一旦绕组遗失就会造成无绕组的空铁心电机。由于罩极电动机结构特殊，其副绕组不与电源交接，又自行短路罩住部分磁极，从而使运行动态变得复杂，成为单相电动机设计理论上的一个难点。所以其重绕数据的估算的准确性也相对较差，对空铁心罩极电动机的修复后，性能也更难把握。通常，是用近似推算来求得重绕数据，再通过试验来合理调整和改进。

一、罩极电动机重绕修理计算方法

1. 电动机计算功率

当电源频率$f=50\text{Hz}$时由下式估算P_S(VA)

$$P_S = \frac{\alpha D_{i1}^2 l B_\delta A}{18.3p}$$

式中　α——极弧系数，$\alpha=0.6\sim0.9$；

D_{i1}——定子铁心内径（cm）；

l——定子铁心叠厚（cm）；

p——电机极对数；

B_δ——气隙磁密，一般小功率的2极台扇取$B_\delta=0.3\sim0.42\text{T}$；4极台扇及稍大功率电机（如吊扇等）取$B_\delta=0.45\sim0.75\text{T}$；较大功率的鼓风机取$B_\delta=0.65\sim0.8\text{T}$；

A——线负载，一般取$60\sim200\text{A/cm}$。

2. 电动机电流I(A)

$$I = \frac{P_S}{K_E U_N}$$

式中　K_E——压降系数。取$K_E=0.8\sim0.94$，大功率取大值。

3. 磁密校验

（1）定子轭部磁密B_{j1}(T)

$$B_{j1} = \frac{\sigma \Phi}{1.86 h_{j1} l} \times 10^4$$

式中　σ——主绕组漏磁系数，分布绕组$\sigma=1$，集中凸极绕组$\sigma=1.1\sim1.16$；

h_{j1}——定子轭部高度（cm）；

Φ——有效磁通（Wb）。计算同分相电动机。

轭部磁密的合理范围，凸极式取$B_{j1}=(0.8\sim1.0)\text{T}$；隐极式取$B_{j1}=(1.1\sim1.55)\text{T}$，最高不得超过1.8T。

（2）定子齿部磁密B_{t1}(T)

$$B_{t1} = \frac{1.57\Phi}{0.93 Q_p b_t l} \times 10^4$$

式中　b_t——定子铁心槽齿部宽度，对凸极式电动机是指凸极宽度（cm）；

Q_p——每极槽数，$Q_p=\frac{Q_1}{2p}$槽。

齿部磁密的合理范围，凸极式$B_t=(0.8\sim1.0)\text{T}$；隐极式分布绕组$B_t=(1.5\sim1.8)\text{T}$，最高不宜超过1.9T。

4. 主绕组每极匝数

当$f=50\text{Hz}$时由下式计算N_m（匝/极）

$$N_m = \frac{K_E U_N}{222\Phi 2p K_{dpm}}$$

式中 $2p$——极数；

K_{dpm}——主绕组系数。集中绕组 $K_{dpm}=1$；分布绕组同分相电动机。

5. 导线选择

线径由下式计算 d_m(mm)

$$d_m = 1.13\sqrt{\frac{I}{J}}$$

式中 J——导线电流密度。一般小功率电机取 $J=3\sim5\text{A/mm}^2$；较大功率如鼓风机等可取 $J=4.5\sim6.5\text{A/mm}^2$。

选用标准导线后，可进行实槽校验，视其松紧程度调整线径。

6. 罩极绕组计算

（1）凸极式电机短路环计算　凸极式罩极电动机的罩极绕组（短路环）通常为1匝，当被罩极面为1/3时，短路环截面积 $A_z(\text{mm}^2)$由下式估算：

$$A_z = (1\sim2)\frac{l_{pz}N_mA_m}{l_{pm}2p}$$

式中 l_{pm}——主绕组线圈平均匝长（cm），可根据铁心实测；

l_{pz}——罩极环平均匝长（cm），由铁心实测；

A_m——主绕组导线截面积（mm^2）。

（2）分布式罩极绕组计算

1）分布式罩极绕组的布线方式　分布式罩极电动机的主绕组布线与分相电动机相同，但罩极绕组的磁势轴线与主轴线相交约为45°电角。罩极绕组采用同心式线圈，它可以设计成各自短接，也可设计成连绕后短接。罩极绕组的起始槽视电机所需转向而定，但必须安排在主绕组每极线圈的对称一侧，如图4-2所示，使其罩住主极面的1/2～2/3。因此，罩极绕组同心线圈的最大节距 y_z（槽）由下式计算：

$$y_z = \left(\frac{1}{2}\sim\frac{2}{3}\right)\frac{Q_1}{2p}$$

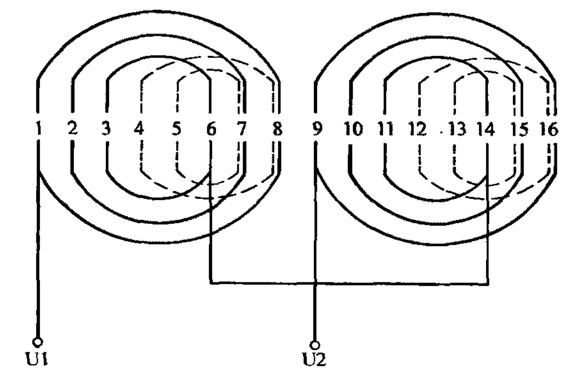


图4-2　分布式罩极绕组展开

（$Q_1=16$，$2p=2$）

——代表主绕组　---代表罩极绕组

2）罩极绕组导线选择。罩极绕组线径 d_z（mm）由下式决定：

$$d_z = (1.73\sim2.5)d_m$$

式中 d_m——电动机主绕组导线直径（mm）。

3）罩极绕组匝数。绕组匝数 N_z（匝）由下式计算：

$$N_z = \frac{P_z\rho L_b}{e^2A_z}$$

式中 P_z——罩极绕组消耗功率（W）；一般取 $P_z=20\sim30\text{W}$；

ρ——罩极绕组材料的电阻率（$\Omega\cdot\text{cm}$）；铜材取 $\rho_{20}=1.8\times10^{-2}\Omega\cdot\text{cm}$；

e——每匝电势（V/匝）。可由下式估算：

$$e=\frac{U_N}{2pN_m}$$

L_b——每匝平均长度（m），根据罩极绕组的平均节距，在铁心中试绕实测；

A_z——罩极绕组导线截面积（mm^2）。

二、罩极电动机重绕计算实例

有一台鼓风机用的罩极电动机无绕组无铭牌，经实测铁心内径 $D_{i1}=4.8\text{cm}$，叠厚 $l=3\text{cm}$，齿宽 $b_{i1}=0.5\text{cm}$，轭高 $h_{j1}=1.2\text{cm}$；定子槽数 $Q_1=16$ 槽。现欲求二极绕组重绕数据。

1. 绕组型式选择

为提高电动机起动和运行性能，主绕组拟采用正弦绕组。

每极槽数 $$Q_p=\frac{Q_1}{2p}=\frac{16}{2}=8\text{ 槽}$$

拟选用表 2-1 中的方案 8，绕组系数 $K_{dpm}=0.827$

各槽线圈匝数分配百分比：$K_1=41.1\%$；$K_2=35.1\%$；$K_3=23.8\%$。

2. 每极磁通

选 $\alpha=0.65$，$B_\delta=0.71\text{T}$，极距 $\tau=7.54\text{cm}$。

每极磁通

$$\Phi=\alpha B_\delta\tau l\times10^{-4}=0.65\times0.71\times7.54\times3\times10^{-4}=10.44\times10^{-4}\text{Wb}$$

3. 磁密校验

（1）定子轭部磁密 取 $\sigma=1$

$$B_{j1}=\frac{\sigma\Phi}{1.86h_{j1}l}\times10^4=\frac{10.44\times10^{-4}}{1.86\times1.2\times3}\times10=1.559\text{T}$$

（2）定子齿部磁密

$$B_{t1}=\frac{1.57\Phi}{0.93Q_pb_tl}\times10^4=\frac{1.57\times10.44\times10^{-4}}{0.93\times8\times0.5\times3}\times10^4=1.469\text{T}$$

校验磁密均在合理范围。

4. 主绕组匝数计算

（1）主绕组每极匝数 选 $K_E=0.93$

$$N_m=\frac{K_EU_N}{222\Phi2pK_{dpm}}=\frac{0.93\times220}{222\times10.44\times10^{-4}\times2\times0.827}=534\text{ 匝/极}$$

（2）每极线圈匝数分配

$$\omega_{1\text{-}8}=K_1N_m=0.411\times534=220\text{ 匝}$$

$$\omega_{2\text{-}7}=K_2N_m=0.351\times534=187\text{ 匝}$$

$$\omega_{3\text{-}6}=K_2N_m=0.238\times534=127\text{ 匝}$$

5. 电动机电流

（1）电动机计算功率　选 $A=95\text{A/cm}$

$$P_1=\frac{\alpha D_{i1}^2 lB_\delta A}{18.3p}=\frac{0.65\times4.8^2\times3\times0.71\times95}{18.3\times1}=166\text{VA}$$

（2）电动机电流

$$I=\frac{P_1}{K_E U_N}=\frac{166}{0.93\times220}=0.81\text{A}$$

6. 主绕组导线直径

选导线电流密度 $J=5.8\text{A/mm}^2$

$$d_m=1.13\sqrt{\frac{I}{J}}=1.13\sqrt{\frac{0.81}{5.8}}=0.42\text{mm}$$

选用 $\phi0.41$mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

7. 罩极绕组计算

（1）罩极绕组线径

$$d_z=(1.73\sim2.5)d_m=(1.73\sim2.5)\times0.41=0.71\sim1.025\text{mm}$$

选用 $d_z=0.9$mm 铜导线，导线截面积为 $A_z=0.636\text{mm}^2$。

（2）分布式罩极绕组最大线圈节距

$$y_z=\left(\frac{1}{2}\sim\frac{2}{3}\right)\frac{Q_1}{2p}=\left(\frac{1}{2}\sim\frac{2}{3}\right)\times\frac{16}{2}=4\sim5.28\text{ 槽}$$

罩极绕组采用每极两线圈，其节距分别为

$$y_{z1}=5(1\sim6)\text{ 槽};\qquad y_{z2}=3(2\sim5)\text{ 槽}$$

（3）罩极绕组每线圈匝数　由铁心试绕实测每匝平均长度 $L_p=0.42$m。

1）每匝电势

$$e=\frac{U_N}{2pN_m}=\frac{220}{2\times534}=0.206\text{V/ 匝}$$

2）绕组匝数

$$N_z=\frac{P_z\rho L_p}{e^2A_z}=(20\sim30)\frac{1.8\times10^{-2}\times0.42}{0.206^2\times0.636}=5.6\sim8.4\text{ 匝}$$

选 $N_z=6$ 匝。每极为 2 只线圈，每只线圈为 3 匝，两线圈串联后短接。

第三节　提高罩极电动机性能的改绕

由于结构特殊，罩极电动机的短路绕组使得它的额定转矩小于其他单相电动机，而起动转矩又仅为它的 30% ~50%，所以起动困难是罩极电动机的常见故障。因此，起动转矩与运行转矩是困扰罩极电动机性能的一对矛盾。然而，通用型的罩极电动机都兼顾起动和运行性能进行设计；而专用电动机则会根据使用条件相应设计。所以，改变电动机使用场合都可能因性能方面的不适而导致故障，甚至烧毁。对此通常要在重绕修理

时加以调整改变，使其适应相应的使用环境。

一、提高电动机转矩的改绕计算

如果电动机的负载转矩不足，可将电动机进行超压试验，即让电动机带动负载运行，并通过调压器逐渐升高电压，使能获得所需转矩后再运行一段时间，如无十分过热现象，则可按下式计算改绕数据。

1. 提高转矩后的绕组每极匝数（匝/极）

$$N'_m = N_m \frac{U_N}{U'}$$

式中 N_m——电动机原来每极匝数；

U_N——电动机原来额定电压（V）；

U'——获得所需转矩时的试验电压（V）。

2. 改绕后的线径 d'_m(mm)

$$d'_m = d_m \sqrt{\frac{U'}{U_N}}$$

式中 d_m——改绕前的线径（mm）。

当然，不是每台电动机都能增加转矩的，例如，电动机使用时间超役，又经多次严重损毁导致铁心导磁性能下降；或转子笼条断裂等都不能采用调整参数的方法来增加转矩。

二、改压计算

罩极电动机的效率低、损耗大，故其输出功率很小。但在电压波动下运行的适应性较强，一般可在额定电压 ±20% 的条件下运行，不过这时的温升、转矩都有变化。如运行性能不能满足，或电压改变过多时，必须进行改绕。改变电压的改绕参数如下：

$$N'_m = N_m \frac{U'}{U}$$

式中 N_m、N'_m——改压前、后电动机每极匝数（匝/极）；

U、U'——改压前后电动机的电压（V）。

改压后的线径（mm）

$$d'_m = d_m \sqrt{\frac{U}{U'}}$$

式中 d_m——电动机原来线径（mm）。

如果电动机改变电压是比原来降低一半时，即原来 220V 改为 110V，则可将线圈由一路串联改为两路并联，无需改绕。

三、改变绕组型式提高电动机性能

罩极电动机等匝线圈改用优秀型式的绕组也是改善电动机性能的重要手段。曾记多年前，有读者来信称所修一台鼓风机用罩极电动机，修理后无法自起动，建议他调整匝数、线径及改变罩极位置等多项措施均不理想，充其量只能做到有时可以自起动。后询改绕正弦布线能否有帮助？当时觉得改绕运行好于运行，对起动性能未必有效，建议他

不妨试试。然而改后结果出乎意料，竟能使之顺利起动。究其原因可解释为：起动能力是主绕组与副绕组的综合作用，改善主绕组的电磁性能也就间接地有利于起动。也许这仅是特例，不过，正弦绕组的确能对电动机性能有所改善。

下面就介绍等匝布线改绕正弦绕组的方法。

1. 改绕换算方法

（1）记录绕组原始数据

主要数据包括：定子槽数、极数、主绕组每极线圈数、线圈匝数、线径、节距，罩极绕组每极线圈数、每圈匝数、线径、节距、罩极偏角及主、罩绕组的布线型式和特征等。

（2）选择新的绕组方案

计算每极槽数（槽）

$$Q_P = \frac{Q_1}{2p}$$

式中 Q_1——定子槽数；

$2p$——极数。

根据每极槽数，由表2-1选取与原绕组每极线圈数相同或相近的正弦布线方案。

（3）计算新绕组每极匝数　由于新旧布线的绕组系数改变，故应重新算出正弦绕组的每极匝数，从而保持磁路参数不变。每极匝数由下式计算：

$$N'_m = N_m \frac{K_{dpm}}{K'_{dpm}}$$

式中 N'_m——正弦绕组每极匝数（匝/极）；

N_m——原绕组每极匝数（匝/极）；

K'_{dpm}——正弦绕组系数；

K_{dpm}——原绕组系数。

（4）每极各线圈匝数

$$\omega_x = K_x \cdot N'_m$$

式中 ω_x——节距为 x 的线圈匝数（匝）；

K_x——节距为 x 的匝数分配率。

2. 改绕正弦绕组换算实例

有一台220V分布式罩极电动机，主绕组是单层叠式等匝布线，定子槽数 $Q_1=24$ 槽，极数 $2p=2$，主绕组每极圈数 $S_P=5$，线圈匝数 $\omega_m=70$ 匝，线径 $d_m=0.62\text{mm}^2$，线圈节距 $y_m=7$ 槽，罩极每极圈数 $S_j=2$，每圈匝数 $\omega_j=2$ 匝，罩极节距 $y_j=6$，线径 $d_j=1.85\text{mm}^2$，罩极偏角 $\theta=45°$。

（1）选择正弦方案　计算每极槽数：

$$Q_P = \frac{Q_1}{2p} = \frac{24}{2} = 12 \text{ 槽}$$

根据 Q_P 值，由表2-1查得可用方案10个，选用与原绕组相同的5B安排，即方案21。绕组系数 $K'_{dpm}=0.806$，每极各线圈匝数分配百分比为 $K_1=26.8\%$、$K_2=25\%$、$K_3=21.4\%$、$K_4=16.5\%$、$K_5=10.3\%$。保持罩极绕组不变，则电动机布接线如图4-3所示。

图4-3　24槽2极5B/2正弦布线罩极绕组

（2）主绕组每极匝数

1）原绕组每极匝数

$$N_m=\omega_m\cdot S_P=70\times5=350\text{匝/极}$$

2）原绕组系数　由资料查得绕组系数

$$K_{dpm}=0.591$$

3）改正弦后每极匝数

$$N'_m=N_m\frac{K_{dpm}}{K'_{dpm}}=350\times\frac{0.591}{0.806}=256.6\text{匝/极}$$

取 $N'_m=257$ 匝/极

（3）每极各线圈匝数分配

$$\omega_{1-12}=K_1N'_m=0.268\times257=69\text{匝}$$
$$\omega_{2-11}=K_2N'_m=0.25\times257=64\text{匝}$$
$$\omega_{3-10}=K_3N'_m=0.214\times257=55\text{匝}$$
$$\omega_{4-9}=K_4N'_m=0.165\times257=42\text{匝}$$
$$\omega_{5-8}=K_5N'_m=0.103\times257=27\text{匝}$$

绕组导线直径不变。若要改善电动机性能，不妨选用较粗导线，既增大输出，又可降低铜耗。

四、罩极电动机重绕后性能的调整

（一）起动性能的调整

由于结构上的原因，罩极电动机的起动转矩要比其他单相电动机小；如果堵转转矩大于起动转矩，便会产生“死点”，造成转子在某些位置上不能起动，这使罩极电动机重绕修理后容易发生的故障。对此，可采取以下措施调整：

1. 降低堵转转矩

因为产生“死点”的根本原因是气隙内磁场的非正弦分布，使出现高次谐波磁场而产生制动（堵转）转矩。因此，减少磁场畸变可有效地削弱气隙内的高次谐波磁场。

对一般的绕组型式可改用正弦绕组来减弱堵转转矩，从而消除起动的“死点”。

2. 增加起动转矩

其具体方法是：

（1）增加起动绕组线圈的跨距　起动线圈如跨距过小，可增大跨距以增加罩极部分面积为增强罩极磁场；但跨距过份增大则主、副绕组磁场相位角减小，反而降低起动转矩。此外，当起动转矩增加的同时，运行转矩也相应减小，故应综合权衡利弊。一般跨距不宜超过 2/3 的极距。

（2）增加罩极绕组与主绕组的磁场相位角　主、副绕组相位角增加可增加起动转矩，但限制了罩极面积，反而影响起动转矩。所以其相位角以 45°电角为宜。

（3）改变绕组线径　改变罩极绕组线径即改变电阻，从而改变罩极电流以改变罩极内磁场。改变的线径是否合适，必须通过计算及实验来确定。

（4）改变罩极绕组材质　其效果与改变线径基本相同。

（二）起动绕组过热的调整

（1）调整罩极绕组尺寸

1）适当减少罩极线圈导线截面积；

2）适当增加罩极绕组匝长，将每圈自行短接改为双圈连绕串联后再短接。

（2）改变罩极线圈材质，将紫铜罩极圈改为黄铜、磷铜或铜基合金电阻线。

（3）如采取前两项措施仍不能完全消除发热厉害，则必须增加主绕组的匝数来降低罩极绕组电势。

第五章　单相串励电动机修理

第一节　单相串励电动机的结构与性能

单相串励电动机的故障，除定子绕组外，还包括电枢（转子）绕组和换向器故障。在结构上，虽同直流电动机相似，但体积和修理工艺则有较大区别；它同一般单相电动机相比，其故障几率和复杂性要大得多。因此了解它的结构与性能特点，对维修很有必要。

一、单相串励电动机的结构特点

单相串励电动机是换向器式小功率电动机，主要设计用于交流电源，国产型号有 G 系列、U 型、DT2 型等；也设计成交直流两用的 SU 型等型式，所以又称通用电动机。但其基本结构相同，只是绕组结构上有所变化。其结构主要包括：

1. 机座和端盖

通常由铸铝或钢板、铸铁制成。外形多为筒形，专用电机则根据需要而设计成其他形状。机座和端盖是定子铁心和电枢的支承部分，它们的配合必须保证有较高的同心度，以确保电动机正常运行。

2. 定子铁心

定子通常为凸极式，磁极和铁轭常制成一体，是以定子冲片内圆和槽口为基准定位的外压叠装方法压制，然后用扣片扣紧，再用铆钉或氩弧焊焊牢，从而保证铁心内圆面和槽面的精度。

3. 电枢

电枢和小型直流电机一样，包括转轴、铁心和电枢绕组。

（1）转轴　为了便于安装和定位，电枢采用阶梯轴。转子铁心、换向器、轴承各档及伸出端均有轴肩，铁心档位与铁心采用压配合；换向器档常用滚花压合。

（2）电枢铁心　电枢铁心为半闭口槽。一般由 0.5～1.0mm 厚的硅钢片冲制后叠压配装入轴。可采用直槽或斜槽，常用的槽数有 7、8、9、10、11、12、14、19 等。

（3）电枢绕组　电枢绕组型式除部分功率为 200W 以上的串励电动机采用四极波绕组外，一般均用单叠绕组。

单叠绕组的线圈元件数等于换向片数。换向片数可与电枢槽数相等，但大多数电机的换向片数为槽数的 2 或 3 倍，即每槽有 2 或 3 个元件。

串励电枢有采用单数槽和双数槽两大类。当电枢为二极单叠绕组，若采用实槽数表示时，其线圈节距由下式决定：

转子槽数 Q_2（槽）为双数时

$$y = \frac{Q_2 - 2}{2}$$

转子槽数 Q_2（槽）为单数时

$$y = \frac{Q_2 - 1}{2}$$

单叠绕组的换向片节距（片）

$$y_k = \pm 1$$

（4）换向器　它由一定数量如图 5-1 所示的紫铜换向片元件围叠成圆柱体，换向片之间用云母片相隔绝缘，经绝缘物套入座套内，再用 V 形环及螺圈将换向片的燕尾槽压住，然后装入电动机的电枢轴上。

换向器有可卸型与压塑型两种。可卸型换向器采用云母绝缘，并以端部 V 形压环及端部螺圈（或胀铆钉）固定。这种换向器可拆卸修理，发生故障后有的可进行修复。

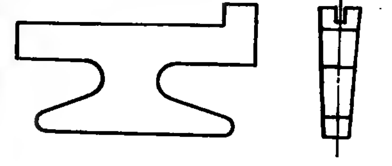


图 5-1　换向片元件

压塑型换向器分为半塑与全塑型两种。半塑的换向片间仍采用云母片为绝缘；全塑的已改用耐弧塑料绝缘。

全塑换向器的特点：

1）换向器的绝缘结构简化，省去许多紧固件；

2）换向片配合紧密，整体性好，电气绝缘性能高，故障少；

3）由于不可拆卸，一旦内部发生故障时，修理困难。

4. 刷架

刷架由底盘、刷握、弹簧及电刷组成。底盘一般用酚醛电木粉压制，用于固定盒式刷握。刷握有盒式和管式结构，如图 5-2 所示。

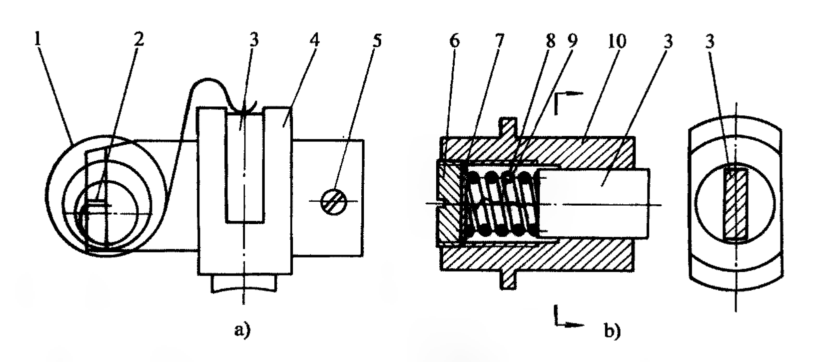


图 5-2　单相串励电动机刷握结构

a）盒式刷握　b）管式刷握

1—卷盘弹簧　2—弹簧支承卡　3—电刷　4—盒形刷座　5—固定螺钉　6—调整螺钉　7—导电圆铜皮　8—压力弹簧　9—编织线　10—管形刷座

盒式刷握的特点：

1）结构简单，加工精度要求较低，调节方便；

2）刚度差，容易变形；

3）采用卷盘弹簧，摩擦力大，不宜在高速及振动大的场合应用；

4）电刷粉末容易进入刷座内，影响电刷滑动而引起故障。

管式刷握的特点：

1）不易变形，可靠性好，经久耐用；

2）电刷可做得长一些，能延长电刷的使用寿命；

3）导电圆形铜片通过编织线与弹簧、电刷连为一体，容易松脱而损坏，且更换电刷困难。

二、单相串励电动机的特性

1. 串励电动机的特点

（1）电压适应性强　在交直流两种电源下运行的性能基本接近，而且对电压波动适应范围大，故可设计成用于200～230V或220～250V电源；

（2）转速高　由于工作原理与直流电机相同，其转速不与电源频率有关，可达到3000r/min～25000r/min，并且体积小、重量轻；

（3）起动转矩高　高速时的起动转矩可达到3～4倍满载转矩，而低速时的转矩较低；

所以，交直流两用串励电动机在手提式电动工具、家用电器以及小型机械中被广泛应用。

由于串励电动机有换向器及电刷，结构就较其他单相电动机复杂，而且运行中电刷要产生换向火花，会对无线电产生干扰，又存在滑动摩擦部件，故较易发生故障。

2. 串励电动机的性能

串励电动机具有“串励特性”，转速随负载改变而有较大的变化，尤其在轻载时更为明显。这种特性与钻削加工特性相吻合，因此，电钻选用串励电动机即能充分利用这种特性。

串励电动机在空载时的理论转速可达无穷大。但实际上，在小功率电动机中，由于电枢上装有风扇，运行时的风耗常使转速限制在安全范围。为此，如果负载需要恒定转速，则必须附加各种调速装置。

（1）电动机的调速

1）电气调速。它有电阻串联调速和电阻并联调速。

串联电阻的调速如图5-3所示。其调速范围广，可从零到额定转速，但转速随电压有较大的波动，而且串联电阻后的起动转矩也随之降低。

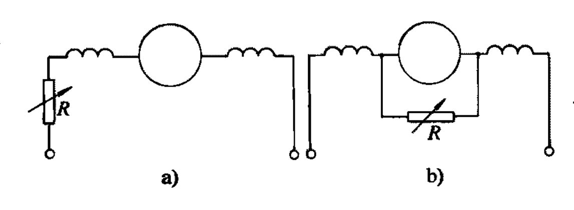


图5-3　单相串励电动机电阻调速

a）串联电阻调速　b）并联电阻调速

并联电阻调速如图5-3b所示。它

可得到较平稳的转速控制，能保持起动转矩不致减小，但为防止总电流过大而引起磁场线圈发热，选用的阻值应足够大。

此外，电气调速还可以采用晶闸管调速，它能获得理想的调速性能，但线路复杂，成本较高。

2）机械调速。在一些需要严格恒定转速的场合，当采用上述电气调速无法满足时，常借助于机械装置进行稳速，除常用的鹤嘴式调速装置外，还有一种结构相似离心开关的离心甩臂摩擦式机械调速器，原理结构如图 5-4 所示。摩擦盘固定在端盖上，离心机构通过调速圆盘装在转子轴上，当转子高速转动时，甩臂即向外甩出，使摩擦片与盘沿接触，就产生摩擦阻力矩，转速愈高，摩擦力矩愈大，从而起到稳定转速的作用。

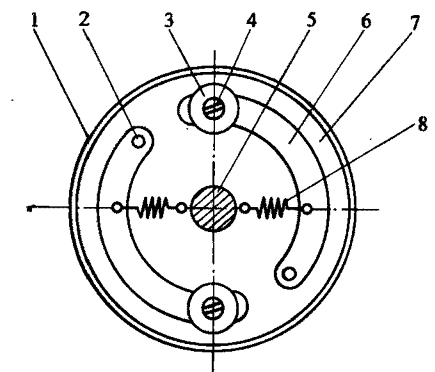


图 5-4 离心甩臂摩擦式机械调速器原理示意
1—摩擦盘沿 2—活支点 3—皮革摩擦片 4—螺梢 5—电动机构 6—离心甩臂 7—调速圆盘 8—拉力弹簧

（2）电动机的转向 根据电磁感应原理，改变电枢与磁场的相对极性可以改变单相串励电动机的旋转方向。然而，并不是任意一台电动机都宜采用此法变换方向的。因为使电动机能获得较好的换向性能，一般单转向工作的串励电动机，常将电枢绕组设计成如图 5-5a 所示的不对称布线型式，而可逆转的电枢绕组则采用图 5-5b 的对称型式。可逆转的电动机在正反方向下运转虽有相近的性能，但其换向性能稍差，换向火花相对也较大。因此，不论使用或修理单相串励电动机均要对其结构具体了解。

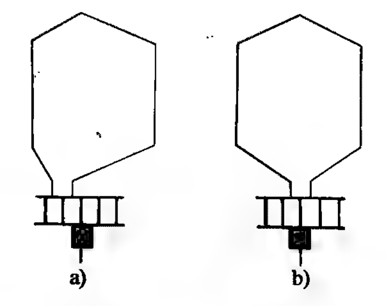


图 5-5 单相串励电动机电枢布线型式
a）不可逆转的布线 b）可逆转的布线

（3）电动机的运行特性 串励电动机虽可用于交直流电源，但其运行特性并非完全相同。通常是在交流时空载转速稍快，满载则比用于直流时稍慢，而且转速愈低则速率相差愈显著。造成转速差异的原因主要是：

1）由于电抗与频率有关。电机在直流电源运转时，绕组只有电阻压降，而用于交流时增加了电抗压降，使电机的有效电压降低。电抗压降主要产生于磁场线圈中，故专用于交流电时，线圈的匝数应相对减少。

2）由于磁饱和的缘故。直流电流所产生的磁通较有效值相同的交流电流所产生的磁通为大。为了弥补一部分电抗的使用，直流时的负载转速就增加。

因此，对于某些转速特性要求严格的应用场合，必须设计比较精密的能在交直流电源上运行性能相同的串励电动机。通常采用的办法是在直流电源上使用时，励磁绕组要增加附加串联匝数，如图 5-6 中所示的 $N_{f/2}$ 部分。

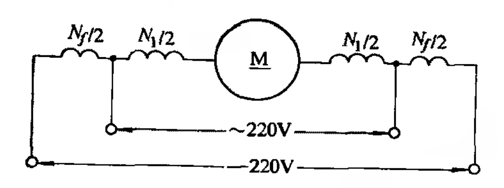


图 5-6　交直流两用串励电动机接线

第二节　单相串励电动机故障修理

一、电刷架故障检修

电刷架是握持电刷的部件，它既要有足够的机械强度，也须满足绝缘强度，是串励电动机容易发生故障的薄弱环节。

1. 电刷架接地故障及检查

由于工作负载繁重、电刷与换向器的滑动接触摩擦产生炭粉飞溅，常使刷架沾染而造成绝缘强度下降，容易引起刷架对地绝缘击穿故障。但由于电机内部和电源接线的不同，会发生不同的故障现象。

（1）接线如图 5-7a 时，若刷架在相线端 A 点接地，这时电流未能通过电枢而在 A 点形成回路，电动机不能起动；另外，电源电压施于励磁绕组 WS_1，将产生近于短路的接地电流，使熔丝熔断，否则，WS_1 会很快发热烧毁。

（2）接线如图 5-7b 时，内部接线同上，但电源接入端调换，这时若 A 点发生接地，则电流通过 WS_2 和电枢，由 A 点刷握形成回路，电动机能起动和运转，但 WS_1 不工作，励磁减弱，电动机在带动减速箱作空载运行时的转速要比正常高，且换向火花较大并伴随有噪声和振动；如果进行钻削工作就显得工作无力，而且 WS_2 和电枢发热，时间长了也会烧毁。

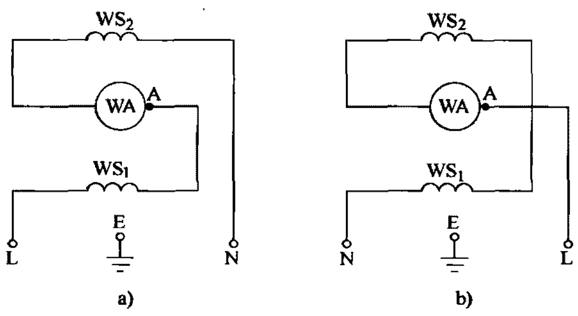


图 5-7　定子两极绕组分串电枢的接地

（3）接线如图 5-8a 时，接地点在刷架 A 点，这时电流通过定子两个极的绕组，但于电枢之前的 A 点与地形成回路，即电枢未能通过电流，故无法起动，而定子绕组承

受全电压，其电流超过额定电流，若熔丝不断则定子绕组发热。

（4）接线如图5-8a，接地点在刷架B点，这时，电流能通过全部励磁绕组和电枢，电动机也能正常起动和运转，但它的外壳（金属部分）成为电路的一部分，存在不安全因素。

（5）接线如图5-8b，接地点在刷架A点，电流通过电枢后于刷架A点接地形成回路，这时励磁绕组没有电流，但却存在剩磁，电动机有起动的可能，但起动转矩很小，能否转起来，取决于剩磁的强弱。如能起动，则转速会很快，而且电枢绕组会发热，甚至烧毁。

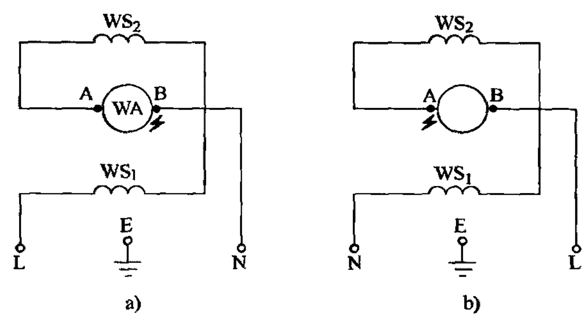


图5-8　定子两极绕组自串后再与电枢串联的接地

（6）接线如图5-8b时，接地点在刷架的B点，它相当于电源相线（L）直接接地短路。在目前供电的三相四线制中，一接通电源，熔断器就会爆断，如果没有熔断装置，就要烧毁电源线路，极为危险。

刷架接地故障原因，主要是绝缘受潮后被击穿烧焦所致；此外机械冲击引起绝缘碎裂，或电刷编织线散开等也会造成接地。所以，要先着重外观检查，然后才通过仪表检查。

仪表检查故障时，应将电刷取下，并把刷握上的所有线头卸下，使刷架与线路完全分开。

2. 刷架绝缘座损坏的修理

刷架绝缘座大都采用压制而成的电木构件，若损坏，要先测量并记录刷架的相对位置，以及刷握与换向器的距离等尺寸，然后把它从机壳上拆卸下来，再用电木板或环氧树脂玻璃丝布板按原尺寸重新制作一块换上。最后检查装配尺寸是否符合，并注意调整刷握与换向器的距离约为1.5～2.0mm。

3. 刷握损坏的修理

刷握有电木压制和金属冲压铆接两种。电木压制的刷握损坏后需有较高的钳工技术才能加工修整，故通常都用备件换上。

金属板压铆的盒式刷握有松动、变形及电弧灼伤等故障。对于松动部位，可卸去原铆钉重新铆紧；刷握变形可用一块与正常刷握尺寸相同的金属块插入变形的刷握中进行矫正；电弧灼伤要用锉刀将凸出的灼伤点修整平滑，然后用细砂布打磨光滑。

4. 压簧的修理与调整

电刷是通过压力弹簧与换向器保持接触的。常用的型式有螺旋形和盘形弹簧，较大的电机也有采用卷簧的。

如果弹簧断裂或失去弹性，电动机便不能运行，必须更换新弹簧。

螺旋形弹簧是用特制的手柄绕制，其绕杆直径随弹簧尺寸、线径、材质及绕制拉力不同而异，一般是取小于弹簧内径的绕杆试绕后确定。绕制时要注意方向、节距和节数。绕好后将两端面进行修磨平整方能使用。

盘形弹簧由板模绕制，绕制宽度和厚度必须与原来相同。

所制弹簧的材质一般应与原来规格相同，如查无资料则可选用 65 硅锰（65SiMn）或 60 硅 2 锰（60Si2MnA）优质弹簧丝制作。

卷簧是由厚度为 0.1～0.2mm 弹簧片卷制后经热处理，然后铆固在弹簧固定卡上，它的主要优点是压力不受电刷磨损而改变。卷簧损坏后一般无法修复，只能换置新的卷簧。

弹簧配置不适宜会造成电刷损蚀过快，甚至产生换向环火。因此，更换弹簧装配时，应使其压力垂直于径向加于电刷上，并要求电刷压力调整为$(2.5\sim5)\times10^4$Pa。

二、电刷的更换与研磨

电刷在刷握中必须能上下自由活动，但不能有晃动。若电刷磨短、残缺或编织线松脱、断丝，或者电动机运行时有振动等，都可能造成电刷与换向器接触不良而产生较大火花，甚至不能正常运转。对此应更换新电刷。

更换的新电刷型号与规格要和原来电刷相同。否则，若电刷材质太软会磨损过快，并容易碎裂；若电刷材质太硬，既容易磨坏换向器表面，又引起火花。所以，当原电刷型号无法查找时，考虑到交直流两用电动机的转速快与换向比直流电机还困难的特点，应选用换向性能特强，且具有良好滑动接触特性以及易于建立氧化膜的电刷。其中效果较好的电刷有 D374L、S4、S5、S9、S201、S251、S270 及 D308 等。

为确保电刷与换向器有良好的接触面，更换新电刷应将其接触面研磨。由于串励电动机的换向器很小，不能像直流电机那样采用砂纸拉磨方法，一般是将与换向器宽度相近的砂纸条缠绕换向器一周，并用胶纸贴好，然后放置电刷，压好弹簧，再将换向器与砂纸一起旋转来研磨。对于可逆转的电动机，要双向旋转研磨；单转向电机则顺向研磨。要求研磨面达到占电刷整个面积的 75% 以上为合格。

检修时，对完好的电刷可不用更换，但沾附的油污不得用汽油洗刷，只能用干净的软布擦净。

三、换向器故障检查

换向器是单相串励电动机容易发生故障的重要部件。换向器的圆柱面必须保持光滑、平整、清洁，并要与轴承同心不偏圆。正常运行时，表面应有一层坚硬的紫红色光泽的氧化膜。若使用日久，换向器表面便可能产生轻微的伤痕，这时只要用 00 号玻璃砂纸打磨平滑即可。若换向器偏圆，表面凹凸不平明显或云母凸出以及有严重划伤等，必然引起电刷剧烈跳动而产生较大的火花。这时应及时进行检修。

1. 换向器变形的检查

在电机高速运转时，若相邻两换向片间的高低相差0.02mm以上，就会造成换向不良而引起火花。因此，对偏圆、凹凸不平等有变形现象的换向器要作精确检测。检测时将转子卸出放在支架上，使其处于水平位置；将千分表的顶杆顶在换向器表面；然后缓慢地转动电枢，从千分表的指示中可获知换向器的变形程度。

2. 换向器机械损伤的检查

换向器表面的划伤、烧伤以及云母槽不平整都可能引起换向火花增大。对此，通常是采用直接观察仔细检查。

3. 换向器接地和短路故障的检查

检查换向器是否接地或短路故障可用绝缘电阻表（摇表）等常规方法。但故障点的检查则必须将换向器上的线头焊下来后进行。

检查换向器片接地时，凡绝缘电阻对轴为零的即为接地故障片。

短路故障若是发生在相邻换向片上，当断开线头后，相通的换向片即是短路故障片。

四、换向器的拆卸与修理

1. 换向器变形的修理

如果换向器表面有伤痕或变形时，可将电枢卸下来对换向器端部压紧V形环的螺圈上紧，在精密车床上车修换向器外圆表面。车床的切削速度约为1～1.5m/s，进刀量约为0.05～0.10mm/r。车好后把换向片间的云母片下刻0.5～0.75mm的槽。

刮槽工具可用废旧钢锯片磨成锯状或钩状，并把钢锯片两面的“锯路”在砂轮机上磨去，使锯片齿部恰能放入云母槽为宜。刮槽时要求云母槽底平整，换向片两面没有残留云母。为防止刮伤换向片，可用一段直锯片背面靠云母槽口平放在换向器上，刮削工具沿此进行刮槽。全部云母槽刮完后，再将细砂纸折叠顺着槽口刮磨，以除去毛刺及倒出一定的角度。最后用800号细砂纸（或金相砂纸）将换向器表面打磨光滑，再用压缩空气清除干净，即可使用。

2. 换向器短路和接地的修理

如果换向片之间的云母片表面烧焦、炭化，可用刮槽钩把烧焦的云母刮削干净，直至出现云母的白色碎屑。检查绝缘良好时，用绝缘漆滴入空洞，再插入新云母，烘干，即可焊接线头。此外，还应注意换向器的接线端端面是否有焊锡流入而造成接地或短路。如有要清理干净。

3. 换向器的拆卸和修理

若故障点发生在隐蔽处而无法采用上述方法处理时，就要卸开换向器才能进行修复。其拆修步骤如下：

1）将电枢线头从换向器中全部烫出。

2）测量并记录换向器的外径、长度、凸肩（焊线槽位）的外径、换向片数及与铁心槽的相对位置。

3）退出换向器后，及时用一特制的包箍将换向器外圆周固紧好（见图5-9），以防

拆卸过程中换向器散开。

4）检查端部绝缘。若端部采用螺圈压紧，可用冲子对准拆卸坑，将其旋转卸出；若采用胀铆固定，则要在车床或钻床上将铆边除去，再取出 V 形环及云母套环，检查端部云母有否烧焦痕迹。

5）退出换向器铁心。如未查出故障点，用小锤轻敲铁心，使其退出，便可看到云母击穿的痕迹。可将烧焦的云母刮去，再用绝缘漆调和云母粉充填平整后烘干，即可恢复使用。

6）片间击穿处理。如果拆出铁心仍找不到故障点，则击穿短路点可能在换向片之间。这时可将包箍的有凸边一边螺钉结合开口处对准短路的换向器云母槽重新箍紧，用一截铁条将包箍凸边孔连接固定起来，然后拆开凸边连接螺钉，用锯片将短路的云母槽锯开，并随时检测两换向片间的电阻；当绝缘达到较高水平时停止锯削，把槽中的云母粉屑清理干净后，用新云母片及 5531 虫胶（也可用绝缘漆）充入，烘干后即可使用。

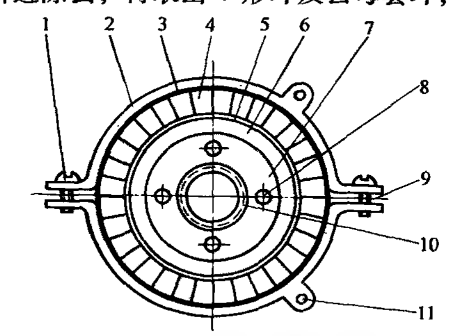


图 5-9　拆卸换向器包箍

1—包箍螺钉　2—包箍　3—纸板或胶皮　4—换向器端面　5—V 形云母筒衬垫　6—V 形压环　7—螺圈　8—装卸坑　9—夹口　10—螺纹或胀边　11—凸边

7）筒形铁心制作。采用胀铆固定的铁心拆卸后一般不能再用，需加工一副新的。通常可采用螺扣式。因为螺扣式便于拆卸，省时省力并可多次拆用。加工尺寸要照原样，只是端部要车有 5mm 长的螺纹，再配上螺帽即可。

8）装配。装配前将云母衬垫套入铁套外缘再插入换向器内，上 V 形压环及旋紧螺圈。但必须注意，在装配每一程序时都要用摇表检测绝缘。装配完后，对地及片间绝缘应保持良好。

9）装轴。套装入轴时要与原来记号对齐，压入的相对位置要正确，然后再上精密车床将换向器精车加工。最后进行刮云母槽、打磨光滑、清扫干净。

五、刷火的成因及处理

交直流两用串励电动机运行时必然会产生换向火花，但轻载时只要不产生环火，且火花小于 2 级则是允许的。通常，引起较大刷火的原因及处理方法见表 5-1。

六、励磁绕组故障及修理

单相串励电动机的定子励磁绕组一般很少发生故障。可能的故障主要是接地和匝间短路等偶然因素。

（一）接地故障检修

定子绕组接地故障的原因主要是包缠绝缘不当或嵌线工艺不良，致使磁极四周角绝缘挫伤，当绕组受潮后就容易造成击穿而接地。如果励磁绕组接地与电刷架接地，则如图 5-7 中的情况相似，故障后的电动机即不能正常工作。检查方法可参见本章前面所述。

表 5-1 单相串励电动机刷火成因及处理

序号	产生刷火原因		处理方法
1	磁场故障	磁场线圈短路或接地	检查并排除短路或接地故障
2	电枢故障引起	1. 电枢线圈引线与换向器连接错位	1. 用感应法找中性点后移动刷架 2. 采用浸漆前调线法校正接线
		2. 电枢线圈引线接反	从换向器上熔下接线，改正后重焊
		3. 电枢绕组断路	用压降法检查出故障点 1. 若故障点在引线端，则解开绑扎线焊回即可 2. 若故障在槽内则要重绕
3	电刷与换向器接触不良	1. 换向器表面状况不良 2. 换向器表面粗糙、偏心或变形 3. 换向片凸出 4. 云母片高出换向器	1. 进行表面清理及加强维护。电刷研磨后，令其轻载运行半小时 2. 精车换向器 3. 调紧端面螺圈，并车正换向器 4. 刮削云母沟，使下刻 0.5～1mm
4	电刷质量引起	1. 电刷牌号不对 2. 电刷过紧卡死 3. 电刷磨损过度 4. 电刷摆动过大 5. 电刷电阻过大或过小	1. 根据电动机说明书选用原电刷牌号 2. 研磨电刷，检查并调整刷握，使电刷能在刷握中灵活上下 3. 更换新电刷 4. 更换符合刷握的新电刷，使能灵活而又不摆动 5. 更换质量适合的电刷
5	刷握机构	1. 刷握松动偏移中心线 2. 电刷弹簧压力过小或不均匀 3. 电刷弹簧失效或断裂	1. 将电刷架调整到中性面位置 2. 调整到规定压力，并使分布均匀 3. 更换新弹簧
6	振动过大	1. 轴承有缺陷 2. 电枢振动	1. 更换轴承 2. 校正动平衡
7	其他原因	1. 不可逆转电动机反转 2. 短路故障或重负载冲击 3. 片间电压过高	1. 改接励磁绕组极性，使电动机正转 2. 消除短路和防止过载 3. 防止过电压

如果线圈接地故障点可凭外观检查看到，且故障现象轻微时，可进行加热烘软线圈后将接地点拨离铁心，插进新绝缘加以隔离，然后装回、刷漆、烘干即可。

若接地点不能从外观发现，则要把线圈加热后从定子上取出，拆除原来绝缘检查，

再重新包扎、预烘后浸漆烘干。

（二）励磁绕组匝间短路的故障检修

串励电动机励磁绕组匝间短路的特征是：

1）电动机不能起动；

2）通电后转速不正常；

3）通电后熔丝爆断或外壳带电；

4）电刷下出现较大的火花；

5）短路线圈严重发热而导致外壳发热；

6）运转时发出异常噪声。

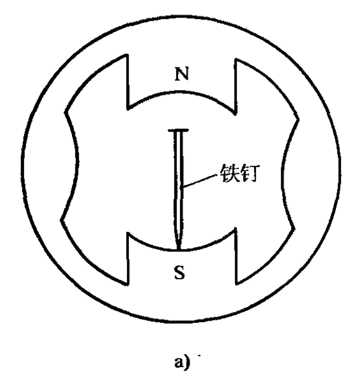
检查方法同直流电机。

短路线圈的修理需从铁心中取出，去除表面绝缘进行仔细检查。如能从外表看到故障点，可以将其分开绝缘后刷漆包好，并经线圈短路检测仪检查正常方可使用。若故障点不明显或严重烧毁时，应予重绕修理。

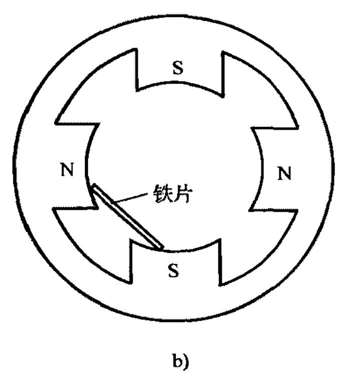
（三）线圈极性错误

线圈极性接错后，电动机不能正常运转，并产生强烈刷火，甚至不能起动，长时间通电将导致烧毁。

检查极性的方法可用指南针放入定子内腔，定子引线接入3～6V电池，则两极线圈呈反极性为正确。但由于定子过小无法放入指南针时，也可如图5-10所示，在2极定子内腔放入一铁钉，通电后若铁钉立稳（见图a）则说明2极接法正确；若铁钉横吸在磁极上，说明极性错误，即2极错接成同极性，需将其中一极线圈反接。4极或以上定子则在通电（3～6V电池）后，将一铁片放在任意两极之间如图b所示，能吸引为正确。



a)



b)

图5-10 用铁钉法检查定子绕组极性
a）二极 b）四极

（四）绕组开路

绕组开路的原因主要是引出线焊接不牢、使用环境恶劣造成氧化脱焊及机械挫伤所

致。绕组开路后，励磁绕组没有电流，电动机自然不能起动。

检查方法可用万用表逐个检查，并根据具体情况进行修复或重绕。

七、电枢绕组故障及修理

（一）电枢绕组接地故障

1. 接地故障原因

电枢绕组的接地故障容易发生在铁心槽的转角处，有时槽内凸起的硅钢片尖角也会造成槽口内导线接地故障。

2. 接地故障现象

1）通电后转速很慢，并发出噪声；

2）电动机起动困难，甚至不能起动；

3）通电后外壳带电或熔丝爆断；

4）电枢振动并产生较大火花；

5）运行温升很高，运转时间长则烧毁。

3. 接地故障修理工艺

对外观能看到接地点的修理，常采用下列应急处理的跳接工艺：

1）将接地线圈的线头从换向片上熔下来；

2）熔下的线头分开包好绝缘，使之脱离电路；

3）用一段导线把熔下线头的换向片连接起来，如图5-11所示；

4）将绕组加热烘软；

5）用竹片把接地线圈拨离铁心，刷上绝缘漆后再插入新的绝缘纸；

6）烘干后检查无接地现象即可使用。

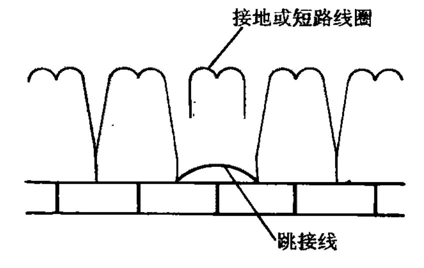


图5-11　电枢绕组接地、短路故障的跳接方法

对槽内接地的故障，由于一般槽内都有几只线圈，不但难以处理好接地点，同时还可能引起其他完好线圈的绝缘损坏。故不宜用上述跳接法修理，必须重绕新绕组。

（二）电枢绕组断路故障

串励电动机电枢绕组断路也是常见故障。断路点一般最易发生在线圈引线与换向片的焊接处。

1. 断路故障原因

1）线头焊接不良；

2）焊接前刮除绝缘漆膜时造成导线受损；

3）线头焊接时绷得过紧，在缠绕扎线时拉断；

4）焊锡质量不符要求，换向器过载或其他原因发热时容易引起脱焊；

5）电动机超速旋转（飞车），也可能造成线圈断路；

6）浸漆工艺不良，使电枢绕组整体性机械强度不足，高速运转时受离心力作用而使导线甩断。

2. 断路故障现象

1）空载时转速正常，负载后转速迅速下降，而且不稳定；

2）运转时有强烈的刷火，甚至形成环火；

3）换向器因高热而很快发黑，电刷有烧伤现象；

4）当电刷正好接触断路线圈所接换向片时，电动机不能起动。

3. 断路故障修理工艺

1）将烧热的电烙铁头擦去余锡后靠在线圈扎绳末端上面加热；

2）待扎绳烫软后，挑起扎绳末端，边烫边提拉，把扎绳全部拆开；

3）仔细揭开绝缘层，检查线圈引线，将查到的断线接好并绝缘处理，或焊回换向片上；

4）如断路点在槽内或线圈内部，通常采用接地故障所述的“跳接法”处理，但每台电动机采用的跳接线圈不得超过2只。

5）如果故障线圈较多，又找不到开断点将其复原时，应作重绕处理。

但须注意，采用“跳接法”修理的电枢绕组放到“短路侦探器”试验时，在撤出电枢线圈的槽中，会因感生电流不能互相抵消而形成明显的吸力，使试验锯片产生振动。所以试验时要注意这种特征。

（三）电枢绕组短路故障

电枢绕组短路故障有匝间短路、同槽线圈间短路和异槽线圈间短路。

1. 短路故障原因

在串励电动机电枢绕组的绕制中，无论是机制或手绕，通常都采用并绕工艺，故同槽线圈只有导线本身的绝缘。当不同线圈的导线相互重叠和直接接触时，其导线间的电压有可能接近电源电压。所以电枢绕组的短路故障多数是发生在同槽线圈中。匝间短路及异槽线圈短路也有发生，但一般都是在绕制线圈或拆装过程中不慎碰伤绝缘所造成。

2. 短路故障现象

1）电流增加，转速降低，转矩减小；

2）运行声音明显不正常；

3）电刷火花强烈，严重时形成环火，换向器发黑；

4）电枢绕组发热，甚至很快烧毁；

5）起动状态不稳定，有时起动困难，甚至不能起动而爆断熔丝。

3. 可见故障点的修理工艺

1）参考第三章的方法找出故障点；

2）将电枢绕组烘软，用竹片把绝缘损坏相碰触的导线拨开；

3）用薄软的绝缘绸带加以隔垫；

4）涂刷绝缘漆后烘干。

4. 不可见故障点的修理工艺

1）将短路线圈的线头从换向器上熔下来；

2）分别对换向器及绕组进行检测；

3）经判断是绕组短路时要进行重绕修理。

但是在实践中，对于故障不严重的电枢绕组可采取应急处理恢复使用。工艺方法如下：

1）将同槽或异槽相互短路的线圈接头从换向片上熔下来；

2）分开线头后置于“短路侦探器”上试验；

3）若短路现象消失，则将原熔下的线头包线绝缘；

4）熔下线头的换向片用导线连接起来焊好，如图5-12所示。

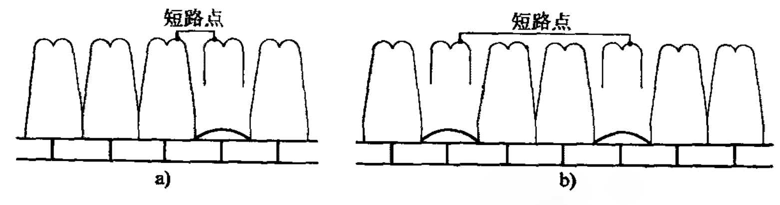


图5-12 电枢绕组短路故障的应急处理
a）同槽短路故障跳接法 b）异槽短路故障跳接法

第三节 单相串励电动机的重绕计算

单相串励电动机一般用于220V标准电压，但某些专用的配套设备上也有采用非标电压的，从而在修理中可能出现改变电压的重绕。另外，由于种种原因也可能遇到无铭牌、无绕组的空铁心电机需要修复，这时就得借重绕计算来求得绕组数据。但必须说明，任何规格的电机产品都是经过反复设计、试验、调整后才将参数定型的。之所以出现重绕计算是为了修复一台缺失数据而不得已的权宜做法。所以，电机拆卸时绕组务必做好记录，按原始数据修复，只有数据无从查考或需改变使用条件才予重算。

一、单相串励电动机的改压计算

电动工具用单相串励电动机常因为适应环境及使用安全而进行改变电压重绕。重绕参数的计算方法如下：

1. 改压后定子每极匝数（匝）

$$N_1' = N_1 \frac{U'}{U}$$

式中 N_1、N'——改压前、后的定子绕组每极匝数；

U、U'——改压前、后的使用电压（V）。

2. 改压后定子线径（mm）

$$d_1' = d_1 \sqrt{\frac{U}{U'}}$$

式中 d_1、d_1'——改压前、后定子绕组线径。

3. 改压后的电枢绕组元件匝数（匝）

$$N'_2 = N_2 \frac{U'}{U}$$

式中　N_2、N'_2——电枢绕组改压前、后的匝数。

4. 改压后电枢绕组线径（mm）

$$d'_2 = d_2 \sqrt{\frac{N_2}{N'_2}}$$

式中　d_2、d'_2——改压前、后电枢绕组导线直径。

实例　有一单相串励电动机，原用电压 110V，今欲改为 36V 安全电压，试求重绕数据。

1. 原始数据：电压 110V，极数 $2p=2$；电枢绕组：元件匝数 $N_y=38$ 匝，线径 $d_2=0.34$mm；定子绕组：每极匝数 $W_1=102$ 匝，线径 $d_1=0.48$mm。

2. 改为 36V 定子每极匝数

$$N'_1 = N_1 \frac{U'}{U} = 102 \times \frac{36}{110} = 33.38 \text{ 匝}$$

取 $N'_1=33$ 匝。

3. 改压后定子绕组线径

$$d'_1 = d_1 \sqrt{\frac{U}{U'}} = 0.48 \sqrt{\frac{110}{36}} = 0.839\text{mm}$$

选用 ϕ0.83mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

4. 改压后的电枢绕组元件匝数

$$N'_2 = N_2 \frac{U'}{U} = 38 \times \frac{36}{110} = 12.4 \text{ 匝}$$

取电枢绕组元件匝数 $N'_2=13$ 匝。

5. 改压后电枢绕组线径

$$d'_2 = d_2 \sqrt{\frac{N_2}{N'_2}} = 0.34 \sqrt{\frac{38}{13}} = 0.58\text{mm}$$

选用 ϕ0.58mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

二、原始数据部分失落参数的补充计算

如果修理的单相串励电动机，只有定子绕组数据，或只有电枢绕组数据时，可由下式换算补齐重绕修理数据

$$N_1 = K_B K N_2 \quad 或 \quad N_2 = \frac{N_1}{K_B K}$$

式中　N_1——定子绕组元件匝数（匝）；

N_2——电枢绕组元件匝数（匝）；

K_B——变换系数，当 $2p=2$ 时取 $K_B=0.1\sim0.25$，$2p=4$ 时取 $K_B=0.05\sim0.1$；

K——换向片数。

线径

$$d_1 = 1.41d_2$$

式中 d_1——定子绕组线径（mm）；

d_2——电枢绕组线径（mm）。

此外，对于无绕组而有铭牌的单相串励电动机，可用下式推算：

电枢绕组总导体数（根）

$$N_2'' = \frac{2\pi D_2 A}{I}$$

然后再由上述关系算出定子绕组参数。

三、无数据空壳单相串励电动机重绕计算

1. 电动机功率估算

单相串励电动机计算功率 P_1(VA)

$$P_1 = \frac{\alpha D_2^2 l_2 B_\delta A n}{8.6 \times 10^4}$$

式中 α——极弧系数，取 $\alpha=0.6\sim0.7$；

D_2——电枢铁心外径（cm）；

l_2——电枢铁心叠厚（cm）；

B_δ——气隙磁密，取 $B_\delta=0.35\sim0.5$T，大功率取较大值；

A——电枢线负载，一般取 $A=60\sim120$A/cm，短时工作制可提高到160A/cm；

n——电动机工作转速，单相串励电动机转速一般为4000～15000r/min。

电动机输出功率 P_2(W)

$$P_2 = \frac{3\eta}{2+\eta}P_1$$

式中 η——电动机效率，一般 $\eta=0.5\sim0.6$。

2. 电枢电流 I(A)

$$I = \frac{P_2}{\eta\cos\varphi U_N}$$

式中 $\cos\varphi$——电动机功率因数，一般 $\cos\varphi=0.9\sim0.95$；

U_N——电动机额定电压（V），通常在36～250V之间选取。但它必须满足于下式：

$$U_N \leqslant Ke_t$$

式中 K——换向片数；

e_t——相邻换向片间电压，一般 $e_t \leqslant 6\sim8$V。

3. 电枢绕组总导体数 N_2''(根)

$$N_2'' = \frac{\sqrt{2} \times 60aE_a}{pn\Phi}$$

式中 E_a——电枢电动势（V）。

$$E_a = \frac{2+\eta}{3}U_N\cos\varphi$$

a——电枢绕组并联支路对数。对二极单叠绕组，$a=1$；4 极电机，$a=2$；

p——极对数；

Φ——每极磁通（Wb）

$$\Phi = B_\delta b_0 l_1 \times 10^{-4}$$

其中　b_0——定子磁极宽度（cm），$b_0 \approx \alpha\tau$；

l_1——定子磁极长度（叠厚）（cm）。

4. 电枢元件匝数（匝）

$$N_2 = \frac{N}{2K}$$

计算的 N_2 值取整数后，修正 N 实际值。

5. 电枢绕组线径（mm）

$$d_2 = 1.13\sqrt{\frac{I}{Ja}}$$

式中　J——导线电流密度（A/mm^2）。根据电动机工作情况而定。一般连续工作时，取 $J=5\sim6.5A/mm^2$；负载率为 60% 时，取 $J=6.5\sim8.5A/mm^2$；负载率为 40% 时，取 $J=8\sim10A/mm^2$。

6. 定子绕组计算

（1）定子绕组每极匝数（匝/极）

$$N_1 = K_B \frac{N_1''}{2}$$

式中　K_B——变换系数。当 $2p=2$ 时，取 $K_B=0.1\sim0.25$；$2p=4$ 时，$K_B=0.05\sim0.1$。

（2）定子绕组线径（mm）

$$d_1 = (1.34\sim1.45)d_2$$

计算后选用标准规格导线。

（3）定子附加直流绕组计算　由于交流供电时，如负载较重转速会偏低；空载时转速会偏高。为使交直流供电时的转速相接近，常在直流供电时再串入附加励磁绕组，以增加电阻压降来保持转速不变。此外，在直流电源下工作时，因为变压器电动势不存在，故其损耗较低。

定子直流励磁绕组总磁通势（A）根据去磁条件，由下式估算：

$$AN_1'' = (0.84\sim0.95)\tau A$$

式中　τ——极距（cm）；

A——线负载（A/cm）；

N_1''——定子励磁绕组总匝数。

在直流电源工作时，电动机效率也略有提高，一般取 $\eta'=0.6\sim0.8$，大功率可取较大值。

在直流电源上的运行电流（A）为

$$I'_2 = \frac{P_N}{\eta' U_N}$$

式中 η'——直流供电时电动机效率。

直流励磁绕组总匝数（匝）

$$N' = \frac{AN'}{I'_2}$$

直流励磁绕组附加匝数（匝）

$$N_{1f} = \frac{N'}{2} - N_1$$

式中 N_1——定子绕组交流供电时每极匝数。

直流附加绕组导线（mm）选择

$$d'_1 = d_1 \sqrt{\frac{I'_2}{I_2}}$$

7. 校验

（1）电枢铁心轭部磁密（T）校验

$$B_j = \frac{\Phi}{1.86 h_{j2} l_2} \times 10^4$$

式中 h_{j2}——电枢铁心轭部高度（cm）；

l_2——电枢铁心叠厚（cm）。

长期工作制取 $B_j \leqslant 1.3 \sim 1.5$T；短时工作制可放宽到 $B_j \leqslant 1.5 \sim 1.7$T。当验算磁密过高时，应重选 B_δ 值复算。

（2）电枢铁心齿部磁密（T）校验

$$B_{t2} = \frac{B_\delta t_2}{0.93 b_2}$$

式中 b_2——电枢槽齿宽度（cm）；

t_2——电枢齿距（cm）。

长期工作制，取 $B_t \leqslant 1.3 \sim 1.5$T；短时工作制，取 $B_{t2} \leqslant 1.5 \sim 1.7$T。如验算值超限时要重选 B_δ 值并复算。

（3）线负载（A/cm）校验

$$A = \frac{NI}{6.28 D_2}$$

实际线负载应在允许范围内。最好使与初选值的偏差小于 ±10%，如相差过大时要重选 B_δ 及 A 并予以重算。

（4）槽满率校验 电枢绕组的槽满率可参考三相电动机的方法进行校验；也可采用所选用的导线每槽实际根数试嵌入绝缘槽中进行校验。

只有通过上述各项试验，重绕计算才能成立。然而，重绕修复后的电动机能否达到原性能的效果，则要通过试运转来检验。当转速过高或过低时，可参考下节调整转速的计算内容进行参数调整。

实例 有一台无绕组交直流两用串励电动机空壳，实测数据如下：

转子外径 $D_2=5\text{cm}$，转子叠厚 $l_2=5.2\text{cm}$，转子轭高 $h_{j2}=0.9\text{cm}$，转子齿宽 $b_{t2}=0.26\text{cm}$，转子槽数 $Q_2=19$，换向片数 $K=38$，电机极数 $2p=2$。

今拟用于220V交直流电源，试按短时工作制求出重绕数据。

1. 电动机功率估计

选气隙磁密 $B_\delta=0.52\text{T}$，线负载 $A=130\text{A/cm}$，转速 $n=10000\text{r/min}$，$\alpha=0.67$。

1）电动机计算功率

$$P_S=\frac{\alpha D_2^2 l_2 n B_\delta A}{8.6\times10^4}=\frac{0.67\times5^2\times5.2\times10000\times0.52\times130}{8.6\times10^4}=685\text{VA}$$

2）交流输出功率

电动机功率较大，故取效率 $\eta=0.69$，则

$$P_N=\frac{3\eta}{2+\eta}P_S=\frac{3\times0.69}{2+0.69}\times685=527\text{W}$$

取 $P_N=550\text{W}$ 试算。

3）转子电流

取电动机功率因数 $\cos\varphi=0.9$，则

$$I_2=\frac{P_N}{\eta\cos\varphi U_N}=\frac{550}{0.69\times0.9\times220}=4.03\text{A}$$

2. 转子绕组匝数计算

1）每极磁通

定子磁极宽度计算值 $b_0=\alpha\tau=0.67\times\frac{3.14\times5}{2}=5.26\text{cm}$

$$\Phi=B_\delta b_0 l_2\times10^{-4}=0.52\times5.26\times5.2\times10^{-4}=14.22\times10^{-4}\text{Wb}$$

2）电枢绕组电动势

$$E=(0.75\sim0.82)U_N=165\sim180\text{V}$$

取 $E_1=170\text{V}$，则

电枢绕组总导体数

$$N_2''=\frac{\sqrt{2}\times60aE}{pn\Phi}=\frac{\sqrt{2}\times60\times1\times170}{1\times10000\times14.22\times10^{-4}}=1014\text{ 根}$$

3）转子绕组元件匝数

$$N_2=\frac{N}{2K}=\frac{1014}{2\times38}=13.34\text{ 匝}$$

取元件匝数为 $N_2=13$ 匝，实际绕组总导体数为

$$N_2''=2KN_2=2\times38\times13=988\text{ 根}$$

4）转子绕组导线选择

选导线电流密度 $J=10\text{A/mm}^2$

$$d_2=0.799\sqrt{\frac{I_2}{J}}=0.799\sqrt{\frac{4.03}{10}}=0.507\text{mm}$$

取标准导线直径 $d_2=0.51$mmQZ 型漆包圆铜线，导线实际截面积 $A_2=0.204\text{mm}^2$。

3. 定子绕组计算

1）交流励磁每极匝数

选变换系数 $K_B=0.21$，每极匝数为

$$N_1=K_B\frac{N_2''}{2}=0.21\times\frac{988}{2}=103.7\text{ 匝}$$

取 $N_1=104$ 匝。

2）交流绕组导线截面积

$$A_1=(1.8\sim2.1)A_2=1.8\times0.204=0.367\text{mm}^2$$

选用标准导线直径 $d_1=0.67$mmQZ 型漆包圆铜线，导线实际截面积 $A_1=0.353\text{mm}^2$

3）直流附加绕组匝数

①在直流供电下工作时的励磁总磁势 AN'（安匝）

$$AN'=(0.84\sim0.95)\tau A=0.95\times7.85\times126.8=946\text{ 安匝}$$

②直流励磁电流　直流电源运行时的效率略有较高，故设 $\eta'=0.7$ 则

$$I_2'=\frac{P_N}{\eta' U_N}=\frac{550}{0.7\times220}=3.57\text{A}$$

③直流励磁绕组总匝数

$$N_1''=\frac{AN'}{I_2'}=\frac{946}{3.57}=265\text{ 匝}$$

④直流每极附加绕组匝数

$$N_{1f}=\frac{N_1''}{2}-N_1=\frac{265}{2}-104=29\text{ 匝}$$

4）附加绕组导线选择

$$d_1'=d_1\sqrt{\frac{I_2'}{I_2}}=0.67\sqrt{\frac{3.57}{4.03}}=0.63\text{mm}$$

选用标准导线直径 $d_1'=0.64$mmQZ 型漆包圆铜线。

4. 校验

1）转子齿距

$$t_2=\frac{\pi D_2}{Q_2}=\frac{3.14\times5}{19}=0.826\text{cm}$$

2）转子齿部磁密校验

$$B_{t2}=\frac{B_\delta t_2}{0.93b_{t2}}=\frac{0.52\times0.826}{0.93\times0.26}=1.776\text{T}$$

3）转子轭部磁密校验

$$B_{j2}=\frac{\Phi}{1.86h_{j2}l_2}\times10^4=\frac{14.22\times10^{-4}}{1.86\times0.9\times5.2}\times10^4=1.63\text{T}$$

4）线负载校验

$$A=\frac{N_2''I_2}{6.28D_2}=\frac{988\times4.03}{6.28\times5}=126.8\text{A/cm}$$

5）换向器使用条件校验

$$\frac{U}{K}=\frac{220}{38}=5.79<6\sim8\text{V}$$

6）校验定子绕组电流密度

$$j_1=\frac{I_2}{A_1}=\frac{4.03}{0.353}=11.4\text{A/mm}^2$$

因是短时工作制，各校验值均在允许范围内。

7）槽满率校验

试将所选导线，按每槽导体数嵌入电枢绝缘槽中进行实际校验合格。

上述各项参数校验均在合理范围内。

第四节　单相串励电动机重绕工艺与检测调整

一、定子磁极绕组的重绕

当定子磁极绕组发生故障而无法用局部修理方法修复时，就要进行重绕新绕组。

定子绕组的重绕工艺如下：

1. 拆除旧绕组

1）电动机定、转子分解开，并将定子铁心从壳中取出，记录退出工序及接线方向；

2）把固定磁场线圈的金属片压扣松开后取出线圈；

3）压平磁场线圈，并拆去包扎线圈的绝缘带；

4）测量并记录线圈厚度及内外径等尺寸；

5）查清并记录每极线圈的匝数、并绕根数及线径等。

2. 绕线模制作

因为串励电动机的线圈较小，一般不宜在万能线模中绕制。通常是用木板或绝缘板制作模心和夹板。模心是长方形，各部分尺寸按实测。其制作步骤如下：

1）找一合适硬木板将其刨至所需厚度；

2）将木板锯截到线圈的内径尺寸作为模心毛坯；

3）用砂纸将模心四角砂磨出半径 $R=2\sim3\text{mm}$ 的小圆角，并对其他部位稍作打磨；

4）再锯截两块夹板，其尺寸为原线圈的外径尺寸；

5）将模心及夹板钻出中心孔，孔径略大于绕线机螺杆；

6）夹板对边锯开出两条绑线槽，如图 5-13 所示。

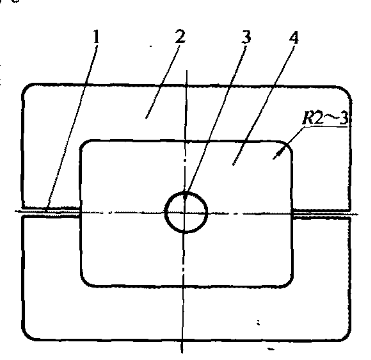


图 5-13　磁场线圈绕线模

1—线圈绑线槽　2—夹板

3—绕线机螺杆插孔　4—模心

槽深刚好碰到模心边缘即可。

3. 绕制线圈

模心及夹板装上绕线机后旋紧螺杆，即可进行绕制线圈，其步骤如下：

1）夹板两缝槽中嵌进绑线，调整计数器为零；

2）绕线时要一匝紧靠一匝地排列整齐，层间用电容纸绝缘；

3）绕足匝数后即将绑线捆住，从模心上取出线圈；

4）线圈的线头要焊接一段多股细软铜芯绝缘线作引出线；

5）在焊接处包垫绝缘后，再用0.1mm的黄蜡绸或玻璃丝蜡布带以半叠方式包缠一遍；

6）线圈进行整形，弯成和磁极一样的弯度；

7）用白绸带或玻璃丝带作绕包绝缘。

4. 线圈嵌装

线圈嵌装有一定先后顺序，其步骤如下：

1）在每磁极槽里放一层聚酯薄膜青壳纸；

2）先把线圈的一边嵌入槽内并压至槽底，再把另一边也嵌进槽内；

3）将线圈两端边压入槽底，并进行端部压低、整形；

4）在线圈端部加垫一圈绝缘纸；

5）将金属片压扣弯成“Π”形，从线圈端部底（即铁心外径削弦边）插入，然后向外反扣，压住线圈端部；

6）全部线圈嵌好后，根据显极接法（即相邻两线圈极性相反）接好线；

7）焊好连接点，包好绝缘并接好引出线。

5. 定子绕组重绕的检验

（1）消除故障的检验　定子绕组重绕过程中可能由于工艺不良或其他原因造成接地、短路、断路等故障，因此，在浸漆预烘前必须检验，以便及时发现缺陷，便于处理。

定子绕组的检验可参考《电动机修理手册》单行本《起重及冶金用三相异步电动机修理》故障检查方法进行。

（2）接线的检验　单相串励电动机定子绕组为集中绕组，其接线应满足相邻线圈极性相反（个别庶极接法例外）的原则进行。常用的检验方法有：

1）铁钉法检验

①将直流电源串联一只功率相当的电阻后，接入定子绕组；

②取一铁钉放在磁极面上，若铁钉被相邻极吸引，则表示接线正确；若被推斥说明极性相同而接错。具体可图5-10进行。

铁钉法对二极电动机的校验效果最为明显，随着极数增加，其检验效果显得不理想。因此，宜采用指南针方法检验。

2）指南针法检验

①取3～6V电池接入定子绕组；

②将指南针靠近磁极面，检测相邻磁极极性相反，则接线正确。

二、电枢绕组重绕工艺

1. 绕组的拆除及数据记录

1）电机解体及卸下轴承；

2）用叉形铁臂垫入转轴的风叶搭子将其压出；

3）拆除线圈在换向器端的绑线，并查清、记录线圈节距；

4）算出换向片数 K 与槽数 Q_2 之比

$$n_2 = \frac{K}{Q_2}$$

5）找出一槽“n_2”个引线与换向片的连接位置，以及下一片相邻换向片所在槽位，并在该槽及换向片上做上记号；

6）用利凿或钢锯沿线圈与转子端面将线圈导线截断，并注意不要损伤铁心和绝缘板；

7）撬开并取出线圈的端部导线；

8）取一截外径比电枢铁心直径略小的平口钢管为垫铁，将转子换向器向上垂直插入管内；

9）取一段截面形状及大小略小于槽截面的钢条，顶着槽中导线，用铁锤敲击将导线退出；

10）选其中一槽的全部导线用火烧掉浸渍漆；

11）按每 10 根一股数清每槽导线根数 N_c；

12）由下式算出每只线圈匝数（匝）

$$N_2 = \frac{N_c}{2n_2}$$

13）取出若干根导线用火柴或酒精灯烧去漆膜，选其中既去漆膜又没有烧伤的导线用千分尺量取并记录线径；

14）将原始数据填入表 5-2 的各项，作为电枢绕组重绕参数档案备用。

2. 电枢缠绕的准备工作

电枢绕组在重新嵌绕之前必须完成如下工作：

1）用烙铁清理换向片线槽；

2）用摇表或试灯检查换向片有否接地与短路故障，并作排除故障处理；

3）检查换向器有否变形或磨损，以便及时进行车削加工；

4）彻底清理电枢槽内的绝缘纸及绝缘漆；

5）敲正位置偏移的铁心钢片；

6）用锉刀修整槽内凸出部分及槽口毛刺；

7）检查铁心两端绝缘板应无缺损。如局部破损，可在插置槽绝缘后用薄膜青壳纸或 DMD 绝缘纸做一个“Π”形套，从绝缘纸与槽壁之间插入套住槽齿，如破损严重，则应重新做绝缘板；

表 5-2　单相串励电动机重绕数据记录卡　　修理编号________

电机型号			额定功率/W		厂家	
额定电压/V			额定转速/(r/min)		出厂编号	
额定电流/A			绝缘等级		出厂日期	
转子铁心/mm	外径		长度		槽形及尺寸	
	内径		轭高			
	齿宽		换向片数			
	槽数					
定子铁心/mm	外径		极数		接线图	
	内径		轭高			
	长度		极宽			
转子绕组	绕组型式		每槽元件数			
	线圈数		元件匝数			
	槽节距		线径/mm			
	接线位置	（始槽向右借偏 1 片半接入）				
定子绕组	线圈数		接法		备注	
	线圈匝数		线径/mm			
试验	转子绝缘电阻/MΩ		转子对地耐压/kV(1min)			
	定子绝缘/MΩ		定子对地耐压/kV(1min)			

完工日期		修理者		检验员		日期	

8）用 0.15mm 厚的 DMD 或聚脂薄膜复合青壳绝缘纸剪裁槽绝缘，其长度应与槽口绝缘板端齐平或伸出 0.5mm，宽度应比槽口高出 5～10mm；

9）换向器至铁心档轴上的绝缘套若损坏时，要用宽度相当的 0.15mm 绝缘纸卷绕两圈后用扎绳密缠绑牢。

3. 电枢绕组的缠绕工艺

电枢绕组可用手抓绕或用绕线机助绕。为提高工作效率，一般宜制备单相串励电枢绕线专用夹具，如图 5-14 所示，装在手摇绕线机上助绕，边嵌线边转动，其匝数可由绕线机记录。

单相串励电枢绕线方法有叠绕和对绕两种。

（1）叠绕法　叠绕是按起始槽的顺序连续绕线。以 8 槽二极电枢为例（见图 5-15）：先从第 1 槽开始绕，依节距跨到第 4 槽，绕完一组匝数后，再依次绕第 2 槽（2～5）、第三槽直至完成。

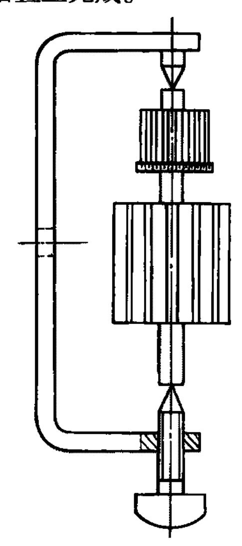


图 5-14　电枢绕组专用夹具

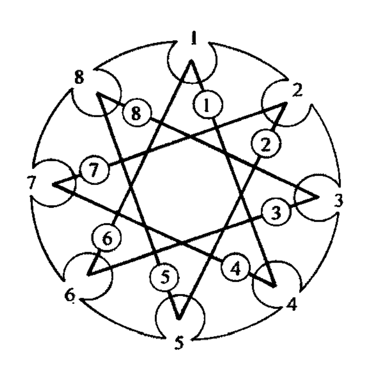


图 5-15　电枢绕组叠绕法绕线顺序
（外圈数字为槽号，小圈内数字为绕线顺序）

叠绕法的优缺点是：顺序易记，工艺简单，不易绕错；但每只元件平均匝长不一定相同，会导致重量分布不均匀而产生振动噪声；绕组并联支路阻抗不平衡，使电路内产生环流，造成换向恶化，伴生较大刷火。为此，叠绕法一般只用于小规格电枢绕组。

（2）对绕法　对绕法有两种绕线型式。以二极 8 槽电枢为例，如图 5-16a 所示。

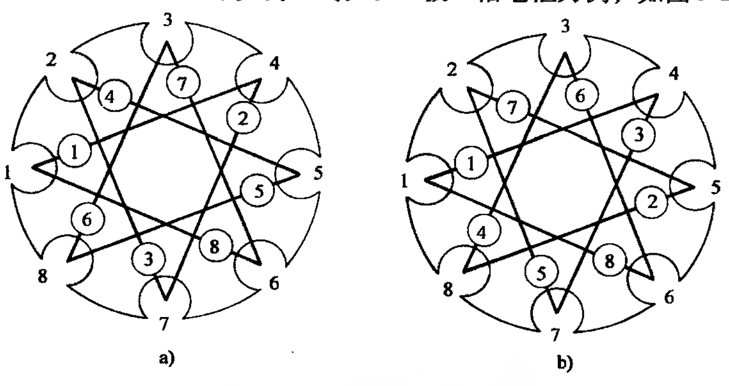


图 5-16　电枢绕组对绕法绕线顺序
a）V 形对绕法　b）平行对绕法

1）V 形对绕法。这种绕法多用于单数槽电枢。其槽顺序：1—4，4—7，7—2，2—5，5—8，8—3，3—6，6—1。V 形对绕的规律是以终槽为后一线圈始槽的顺序嵌绕的。

2）平行对绕法。平行对绕只能用于双数槽电枢（见图 5-16b），缠绕槽顺序为 1—$\underset{\cdot}{\mathring{4}}$//$\underset{\cdot}{\mathring{5}}$—8；$\underset{\cdot}{4}$—7//$\underset{\cdot}{8}$—3；7—2//3—6；2—5//6—1。

缠绕规律是每组线圈的节距不变；单次槽（如 1—4 槽）平行于双次槽（如 5—8 槽）；而且，双次槽的起始槽是单次终槽（$\mathring{4}$）加 1 =（$\mathring{5}$）。

对绕法的优缺点：电气及机械的平衡性较好，振动噪声较小；工艺不熟练则容易出差错。

叠绕和对绕都可以采用串绕或并绕工艺。

串绕工艺：串绕工艺又叫单圈绕法，它的嵌绕工艺如下：

1）转子及夹具装在绕线机后，把计数器调零；

2）将线头缠绕固定在轴端（此线头将接在原记号的 1 号换向片上），以记号槽为第 1 槽，把导线嵌入槽中；

3）扳动夹具及转子，使导线跨节距后嵌入槽中（本例为第 4 槽）；

4）绕足元件匝数后，将引线留出适当长度，折回扭成麻花圈结（此线头将接于原记号的 2 号换向片上）；

5）导线继续嵌入第 1 槽，进行本槽第 2 个元件的嵌绕，绕足匝数后扭成麻花（将接 3 号换向片）；

6）当绕满一槽元件数后，再根据选用的叠绕或对绕所确定的槽来嵌绕另一槽的第 1 元件，第 2 元件，直至绕满一槽；

7）继续嵌绕下一槽，直至绕完为止。

串绕工艺示意如图 5-17a 所示。

并绕工艺：并绕工艺又称多圈绕法，它是将一槽内全部元件一次绕成，工艺示意如图 5-17b 所示。嵌绕工艺如下：

1）装好绕线机并调整计数器为零；

2）取并绕根数等于每槽元件数，并将各元件的线头分别剪成不同长度以示区别；

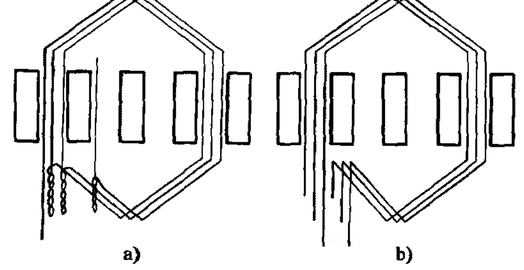


图 5-17　电枢绕组的串绕与并绕工艺示意
a）串绕工艺　b）并绕工艺

3）绕完每槽匝数后将其剪断，并与线圈的尾端引至起始槽，与始端暂时绞在一起；

4）再进行另一组（槽）线圈嵌绕，直至嵌完为止。

串绕和并绕工艺的特点：串绕和并绕都适用于叠绕法和对绕法布线。串绕的嵌槽频次多，但可省不少串接工作，其接线比较方便；串烧嵌槽频次比并绕的多几倍，故并绕嵌绕速度快，但全部元件要重新进行对线、串接，工作繁琐，费时且容易发生错接。

在应用上，如果导线很细，单根导线缠绕时容易拉断，所以对匝数多的小规格、高电压电枢，为确保嵌绕质量、提高工效，宜用并绕工艺。对于导线较粗、匝数较少的大容量、低电压电枢，则宜采用串绕工艺。

4. 电枢绕组缠绕的注意事项

1）绕组缠绕应按顺序表进行；

2）缠绕时应注意方向，引出头必须朝换向器一端引出；

3）线圈的首尾要引到槽口处，并从槽面抽出；

4）缠绕匝数要准确；

5）缠绕时导线要拉紧，但用力不能过猛，以免拉断导线；

6）操作中注意导线不要碰到铁心或换向器，以免损伤导线绝缘；

7）要控制线圈端部长度，不得超过轴的绝缘部分，以防接地故障；

8）线圈任何部位不得高于电枢铁心。

三、电枢绕组就位与压头

电枢绕组嵌绕完成后，就可着手焊接前的准备工作。

1. 焊接前的准备

（1）楔槽　槽楔用1～1.5mm厚的环氧玻璃纤维层压板制成，或用烘干的竹片削成。楔入前将槽绝缘高出铁心约1mm的部分剪去，并分别把两边的槽纸压入槽内，包住导线，然后插入槽楔。

（2）线头去漆　除去线头的绝缘漆膜，常用两种方法：

1）刮削法。对于大功率或低电压电枢，可将导线焊接段用刀片仔细刮削漆膜。

2）火烧法。导线较细的电枢，可用火烧去漆膜。其工艺是：

①把电枢换向器向上直立起来；

②将麻花线头向外理直，但不剪断；

③量度好焊接位置，用尖嘴钳夹住保留绝缘部分；

④将点燃的蜡烛或酒精灯烧去导线的绝缘漆膜，但要注意火力不要过猛，以免烧断导线；

⑤冷却后用布蘸酒精擦干净，如部分仍未脱去漆膜，可用600号细砂纸轻擦去除。

（3）线圈的串联

1）采用并绕工艺的绕组串联方法如下：

①分清各槽线圈首、尾端；

②每组(槽)线圈中的元件按1、2、3…编号，即首端为1、2、3；尾端为1′、2′、3′；

③第1槽的第1元件首端1接入1号换向片，而将1′与2、2′与3的线头分别压入2、3换向片槽，余下的3′便是该槽线圈的尾端而接到4号换向片。至此，第1槽元件组串联工作完成。

④第②槽线圈组的首端（1）与第1槽的尾端3′相接；

⑤同理，第2槽的1′与2、2′与3相接，如此类推，直至最后一槽的3′与第1槽的1相接，并压入1号换向片槽中，则整个绕组串联工作算完成。

2）采用串绕工艺的绕组串联方法如下：

由于串绕工艺中每槽线圈组已串联好，并留出一首一尾端。所以，只要把第1槽的尾端与第2槽的首端、第2槽的尾端与第3槽的首端相接于对应的换向片上。如此类推，便可完成。

2. 就位与压头

由于绕组拆卸时已做好记号，所以重绕的电枢只需按记号就位，其工艺是：

1）检查换向片有否接地、短路故障；

2）将已去除漆膜并串联好的线头扭成麻花，按1、2、3顺序套上色标绝缘套管；

3）用0.2mm厚的黄蜡绸剪成扇形包封布，将换向器端的线圈端部及引线包起来，并使与线头隔开；

4）将第1槽的麻花线头顺次嵌入换向器原记号的1、2换向片线槽中；

5）第2槽的麻花线头也以同样方法嵌入相应的换向片槽中。如此类推，直至完成；

6）压头。即将线头嵌入换向器线槽后，用圆冲在线槽两边轻轻冲压使其压紧，以防线头甩出的故障。压头工序也可边嵌线边进行。

四、无数据重绕换向器接线位置的确定

电动工具用串励电动机电枢绕组，在换向器上的接线位置因不同产品而异。所以，拆线时应作详细的记录；以便重绕后按原样焊接。如果原接线位置不清，单转向电动机可试将电枢绕组接头顺电枢旋转方向偏移20°～26°电角嵌接。其具体接线位置的确定方法如下：

（一）电枢接线的名词与术语

电枢接入换向器的位置对修复极为重要，一旦错位便会发生强烈换向火花，为此拆线时，必须画出原电枢接线位置的记录图。为了便于叙述，先对关键的名词与术语作一说明：

（1）电枢转子装配类型

A类：槽中心线与云母片中心线重合；

B类：槽中心线与换向片中心线重合。

（2）槽中心0—n　以转子记号槽口中点沿轴向平行所设定的中心线，如图5-18所示。

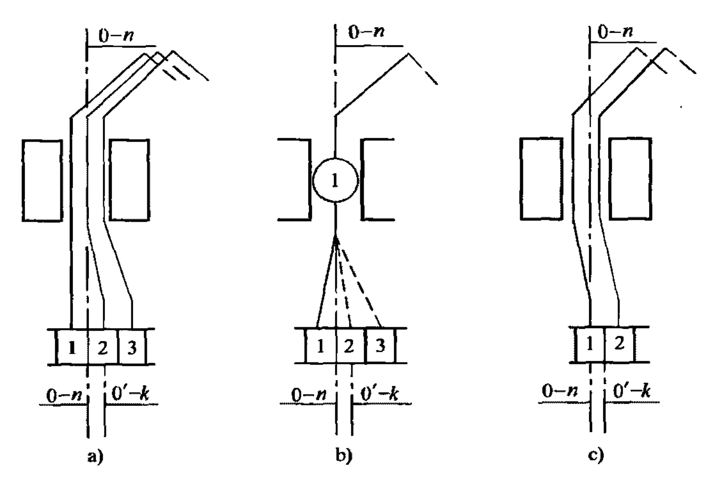


图5-18　电枢绕组的槽中心线与换向（n）片中心线的标示画法

a）$n=3$的接线画法　b）$n=3$接线简化画法　c）$n=2$的接线画法

（0—n）—槽中心线　（0′—k）—n片中心线

（3）换向片中心线 $0'$—k　以记号槽线圈接入换向片的中心线，又称 n 片中心线。例如图5-18c中，$n=2$（2根并绕）时，$0'$—k 在1、2号片中间的云母片上；又如，$n=3$ 时，$0'$—k 在换向片2的中心线上，如图a、b所示。

（4）正对接线　它是以槽中心线（0—n）为基准，若该槽线圈的元件接入换向片（n 片）中心线（$0'$—k）与之重合，即为正对接线，如图5-19a的转子属A类结构（0—n 与云母片重合），$n=2$，它的0—n 与 $0'$—k 重合，故属正对接线；又如图b为B类，$n=3$，也是正对接线。

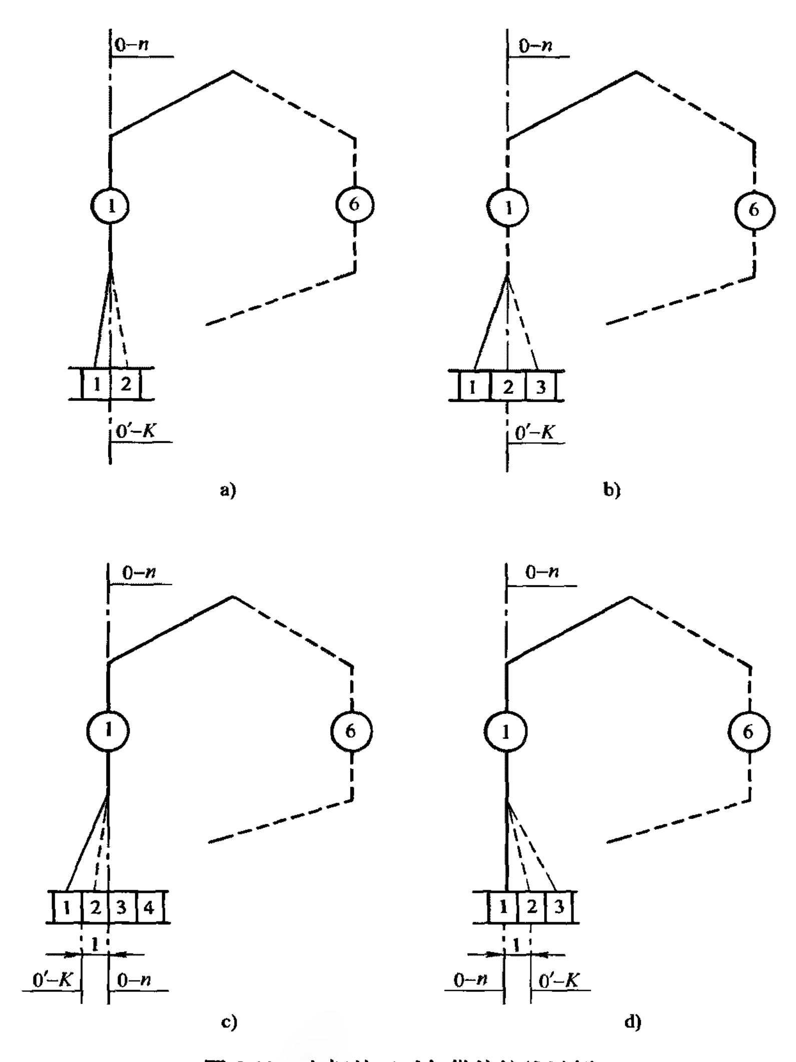


图5-19　电枢的正对与借偏接线示例

a）A类　$n=k/z=2$ 正对接线　b）B类　$n=k/z=3$ 正对接线

c）A类　$n=k/z=2$ 向左借偏一片接线　d）B类　$n=k/z=3$ 向右借偏一片接线

（5）借偏接线　它是非正对的接线，即槽中心线与 n 片中心线不重合，称借偏接线。图5-19c中，接入元件1、2的换向片（n 片）中心线（0′—k），在基准槽中心线（0—n）的左侧，故称向左借偏1片接线。又如图d是B类结构，0′—k 在0—n 右侧相距1片，故是向右借偏1片接线。

这里说明一下，关于正对和借偏的基准有两种：一是以 n 片的第1片中心线为基准与槽中心线作比较；另一种是以 n 片的中心线为基准与槽中心线作比较，确定正对或借偏。由于两种方法选用基准不同，引起借偏数不同。如一方法视为正对，在另一方法就不是正对，借偏数也不同，不过实施于电枢绕组的接线则是完全相同的，只是称谓不同罢了。作者以前曾采用前者，但发现后者更具科学合理性，故本书采用后者记述。

（二）电枢绕组拆修时记录失落的接线位置

1. 电刷位于两磁极（空隙中央）几何中性线上

这时有两种情况：

（1）A类结构的接线

1）对正反转运行的电动机

当 $n=2$ 时，可试用图5-20a的正对接线。

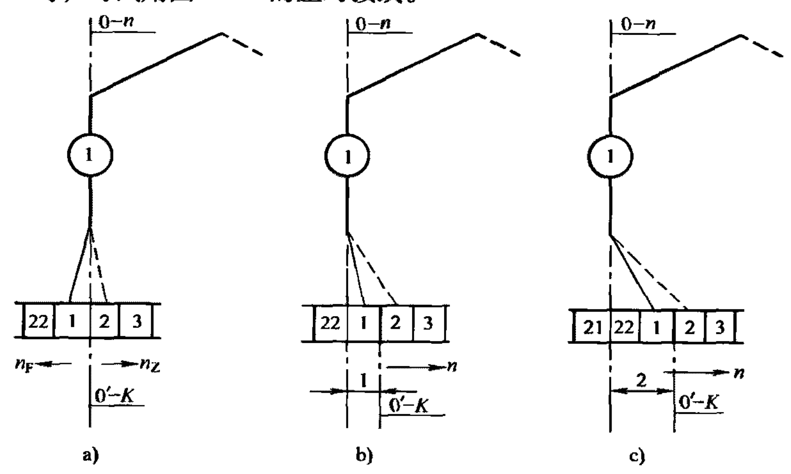


图5-20　A类电枢 $n=2$（偶数）的接线位置

a）正反转正对的对直接线　b）单转向顺向借偏1片接线　c）单转向顺向借偏2片接线

2）对单转向运行的电动机

当 $n=2$ 时，一般可沿电枢旋转方向（n）借偏 n_K 片接入换向器，具体借偏下面介绍。

（2）B类结构的接线

1）对正反转运行的电动机

当 $n=3$ 时，可试用图5-21a的正对接线。

当 $n=2$ 时，它不可能构成正对，所以宜向右（即正旋转方向）借偏半片接入换向器，如图5-22所示。

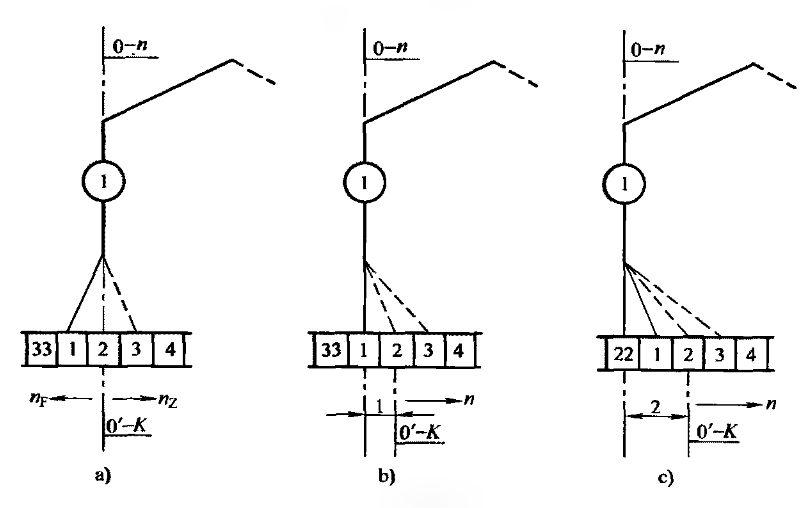


图 5-21　B 类电枢 $n=3$（奇数）的接线位置

a）正反转正对的对直接线　b）单转向顺向借偏 1 片接线　c）单转向顺向借偏 2 片接线

2）对单转向电动机　一般可沿旋转方向借偏接入换向器，借偏数（片）由下式估算：

$$n_K = (1 \sim 2.6)\frac{K}{36}$$

式中　K——电枢换向片数。

2. 电刷位置偏离两极之间几何中性线

这时，先要确定每槽换向片（n 片）中心线在换向器上的位置，然后再加上偏移量。方法如下：

1）将电枢装入定子铁心；

2）将某槽做上记号后，旋至两磁极中央位置，如图 5-23 所示；

3）找出靠近记号槽那只电刷所接触的换向片也做上记号“0”；

4）将记号的换向片作为每槽所属换向片的中心线，然后再根据转向并参考前述的方法确定偏向及偏移片数进行焊接。

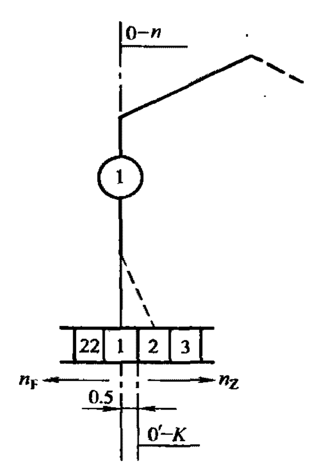


图 5-22　B 类电枢 $n=2$ 正反转运行借偏半片的接线

然而，线头焊接位置不是固定不变的，某些电动机为了特殊的工作要求，也可能不按上述规律焊接。用上述方法确定接线焊好后，必须试运转，视其火花大小再将线头或电刷位置进行调整。所以，拆除绕组时，必须查明原绕组线头焊接位置。而只有原来性能很差，或原绕组数据失落时，才用上述方法确定接线。

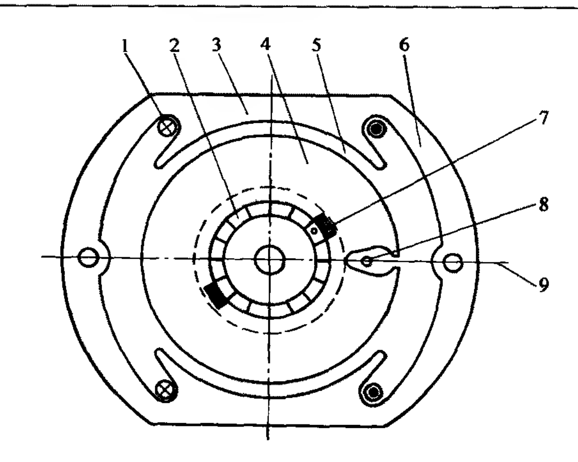


图 5-23　换向器线头焊接位置的确定方法

1—磁场线圈　2—换向器　3—定子磁极　4—电枢　5—气隙　6—定子铁轭　7—最靠近记号槽的电刷　8—处在两极中间的中心线上的槽及记号“0”　9—两磁极之间的几何中心线（中性线）

五、电枢绕组对换向器的焊头及绑扎工艺

1. 焊接工艺

1）检查电烙铁头是否牢固，修整烙铁端头刃部厚度，使能在线缝中定位；

2）清理烙铁头氧化层后通电、上锡；

3）在换向器线槽上涂抹松香—酒精溶剂；

4）将沾有焊锡的烙铁头在平置的换向器线槽上加热，当线槽达到附着锡的温度时，拖动烙铁使锡均匀渗满线槽后迅速离开焊点；

5）所有线槽的线头焊接后，用刀将多余的线头从线槽端面整齐地截断；

6）将换向片间、云母槽内以及线槽后面的余锡、焊剂清理干净。

2. 电枢绕组的绑扎工艺

1. 电枢绕组接错的检测方法

因为串励电枢的接线头多、导线较细，容易出差错，如浸漆后才发现缺陷就难以改正。故有必要在未浸漆前对电枢进行检验鉴别。

检查电枢绕组是否存在断路、脱焊、短路等故障，可根据直流电机试验方法进行。常见的反接、错接、跳接或短路故障举例如图 5-24 所示；判别及处理方法可见表 5-3。

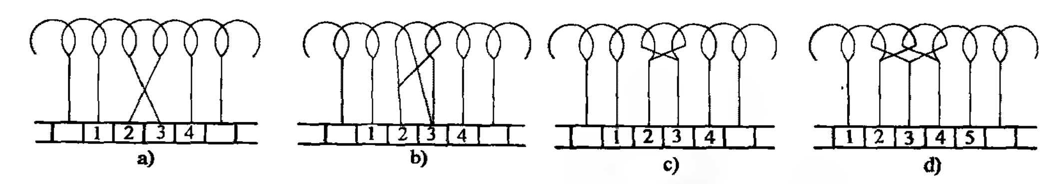


图 5-24　电枢绕组的串接和焊接错误举例

a）绕组引线焊错换向片　b）一个元件短接，一个元件跳接　c）一个元件反接　d）两个元件反接

表5-3 单相串励电枢绕组与换向片接错原因的检测及处理

序号	检测方式	检测换向片		故障原因	处理方法
		条件	特征		
1	电阻表或万用表测换向片间电阻	$R_{k1-2}>2R_z$ $R_{k1-3}=R_z$		两焊头错位如图5-24a所示	换向片上的2和3线头互换后重焊
2		$R_{k1-2}=\propto$ $R_{k2-3}=\propto$	$R_{k1-3}\gg 2R_z$	换向片2的焊头断路	检查焊牢
3			$R_{k1-3}\approx 2R_z$	换向片2上焊接的是一个元件的两根线头，如图5-24b所示	将其改接焊回
4	电枢放在短路试验器上检测换向片间电压	$U_{k1-2}=0$ $U_{k1-2}\gg U_{k1-3}\approx 0$	$U_{k2-3}>U_{k2-4}\approx 0$	换向片2、3元件反接，如图5-24c所示	将换向片2、3的线头调换后重焊
5		$U_{k1-2}\gg U_{k1-3}\approx 0$ $U_{k2-4}\approx 2U_{k2-3}$	$U_{k3-4}\gg U_{k3-5}\approx 0$	换向片2、3、4上的两个元件反接，如图5-24d所示	将这两个线圈反接过来即可
6		$U_{k1-2}>U_{k1-3}$ $U_{k2-3}\approx U_{k2-4}$		换向片2、3焊头调错，如图5-24a所示	将换向片2、3的线头调换即可
7	测片间电压及用铁片在槽口探试	$U_{k1-2}\approx 0$ $U_{k1-3}\approx U_z$	用铁片试槽口处，铁片有振动	故障原因如图5-24b所示	改换焊回
8			用铁片试槽口处，铁片无振动	换向片2焊头断路	检查焊牢

注：R_{k1-2}—换向片1与2片间的电阻；　R_z—相邻两换向片间的正常电阻值；
　　U_{k1-2}—换向片1与2片间所测电压；　U_z—相邻两换向片间的正常电阻值。

2. 电枢绕组的绑扎工艺

通过接线的检验后，可对换向器端的线圈端部进行绑扎。其工艺如下：

1）用0.2mm厚的玻璃丝布或黄蜡绸剪成扇形包封布，将换向器焊头以下至铁心间的线圈包缠一周；

2）用1mm粗的白帆绳从换向器端开始捆扎，并将绳头留长100～150mm后折向铁心方向（见图5-25a）；

3）用姆指压住白帆绳的始圈，将折向铁心的绳压在底下捆扎，并注意拉紧（见图5-25b）；

4）缠绕至全程的2/3时，将原来的绳头留圈回折向换向器端，留圈长度约超过铁心10mm左右（见图5-25c）；

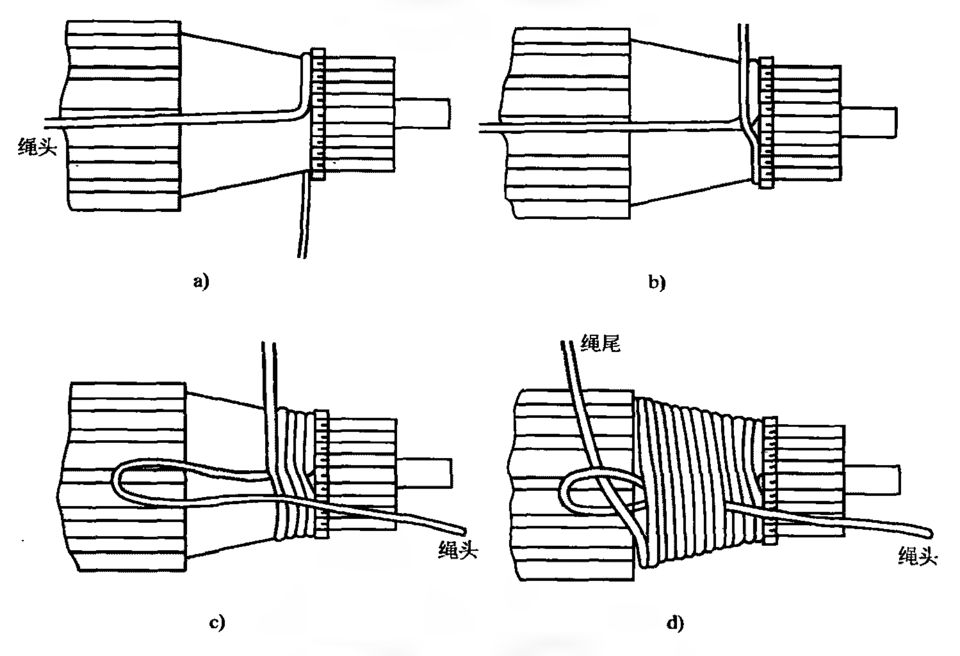


图 5-25 单相串励电枢绕组端部捆扎工艺和方法

5）仍把绳头压在下面继续捆绕，捆扎到铁心端面时，剪断后穿入留圈，并用手指压紧（见图 5-25d）；

6）将留圈绳头沿换向器方向用力拉紧，末端绳头拉入捆绳下面，把多余的绳头剪齐。

六、浸漆前的检验

电枢绕组在绑扎过程已进行了一系列的纠错检测，但绑扎中仍会出现新的绝缘薄弱环节。为此，有必要在浸漆前作最后的检查。其方法有：

1. 摇表检查

对于重绕电动机的新绕组，其绝缘一般都应达到 20～30MΩ。如果达不到此值，可进行若干小时的烘干处理，并在冷却后再测。若绕组正常，应达到 100MΩ 以上。否则说明绝缘存在薄弱环节，应着重检查槽绝缘是否走位而引起导线碰铁。只有查出隐患，才能进行浸漆。

2. 耐压试验

耐压试验属通电试验，是确保电动机安全可靠运行的预防性检验。耐压试验在冷态下进行，是检验绕组绝缘耐受电压冲击的能力，故又称为电介质强度试验。试验是在绕组（包括换向器）对地（转轴或铁心）进行，耐压标准是：

$$U_n = 2U_N + 500\text{V}$$

式中 U_N——电机额定电压（V）。

耐受试验高压 1min 不击穿为合格。

3. 试运转试验

当上述重绕程序完成后，如无异常，可装配后试运转。先检查转向是否正确，如反转则将励磁绕组两线头调反连接即可；再就是观察换向火花是否正常，若火花过大，再检查电刷质量、接触面好坏及电刷压力等因素，若矫正无效，则转动电刷架位置进行调整，使火花最小。

但必须注意，串励电动机不允许空载运行，否则会造成高速“飞车”故障而导致电枢严重毁坏。所以通电运转必须带负载或半负载进行，如不能满足要求，宁可放弃这项试验。

七、串励电动机的浸漆、烘干工艺

交直流两用电动机常应用于电动工具和家用电器，其绝缘性能至关重要。同时，它的工作转速很高，为防止绕组因离心力作用而损坏，这就要求经浸漆工艺具有足够的机械强度。

1. 定子绕组的浸漆、烘干

（1）预烘　绕组在85～100℃温度下先烘2h，然后升温至120℃再烘1～2h。预烘的目的是：

1）去除绕组绝缘中的潮湿；

2）消除电磁线漆膜的残留应力；

3）改善绝缘漆的流动浸润性；

4）形成局部真空，有利绕组吸收绝缘漆；

5）加速溶剂挥发。

（2）浸漆　定子绕组一般选用1032三聚氰胺醇酸树脂绝缘漆，要进行两次浸漆工艺：

1）经预烘的绕组从烘箱中取出，冷却至60～80℃；

2）绝缘漆用溶剂松香水（松节油）稀释粘度为18～22s；

3）将绕组沉浸入漆中15～20min后，取出滴干；

4）用擦布沾上溶剂松香水擦净铁心表面及引线上的余漆；

5）放至烘箱进行70～80℃的低温烘燥2～3h；再提高温度到115～125℃，再烘6～8h；

6）将绕组从烘箱取出稍冷却后再放入粘度为30～38s的漆内作第二次浸漆；

7）沉浸至无气泡冒出，取出滴干、擦净，再进行烘干。其工艺与第一次浸漆相同。

2. 电枢绕组浸漆、烘干

为了提高绕组的机械强度，电枢绕组推荐采用H43-1号无溶剂环氧树脂漆。浸漆工艺是：

1）预烘（工艺同定子绕组）；

2）将电枢从烘箱取出后，应使换向器向下直立固定；

3）用小号漆刷蘸无溶剂环氧树脂漆刷在绕组端部，边蘸边刷，使漆渗透入绕组内部；

4）将电枢反转过来，使换向器向上直立固定，在绑绳上刷漆两遍；

5）电枢放入约120℃的烘箱，烘约4～5h；

6）取出电枢进行第二次浸漆，工艺同上，然后再烘10h即可。

电枢绕组也可用1032绝缘漆浸渍，其工艺基本与定子绕组相同，但有不同特点：

1）采用换向器向上直立的深槽浸漆；

2）滴干及烘干都必须直立放置；

3）第一次浸漆后的烘燥时间约为5～7h；

4）第二次烘干时间为13～14h；

5）烘干后绕组端部刷一层环氧树脂。

八、重绕成品的检验与调整

绕组经浸漆烘干后，把定、转子铁心表面的残留绝缘漆清理干净，就可以装配试车，并作最后的复查，内容与浸漆前相同，但必须作带负载的通电运转（3～5）min，复检转向、火花应无变化；并探测电动机各部温度应正常；然后再试测转速，若基本接近重绕计算的预选值，便视为合格；若转速相差太远，则可在火花等级在合格范围之内调整电刷架，如需调慢转速，则将电刷架朝转子旋转方向偏转一点；若要调快转速，便反方向调整。倘若上述方法仍未使转速达到要求，可偿试增减绕组匝数进行调整。

因为串励电动机励磁和电枢绕组匝数与转速存在如下关系：

$$\frac{N'}{N} = \frac{n}{n'}$$

式中 N、N'——调整前、后绕组匝数；

n、n'——调整前、后电动机工作转速（r/min）。

由于浸漆后再改变电枢绕组已不可能，故将调整转速的任务落在励磁绕组中进行。调整转速后的定子每极匝数（匝/极）：

$$N'_p = N_p \frac{n}{n'}$$

式中 N_p、N'_p——调整前、后定子每极匝数。

第六章　家用电器专用单相电动机的故障检修

单相电动机广泛应用于家用电器，大多数属专用电动机，并且往往与各用途电器机构组装成一体，也和电气、机械控制系统结合紧凑，因此与一般电动机作为独立驱动的情况有所不同。鉴于家用电器品种繁多，结构、性能不同，尤其电气、机械系统的故障较多，均直接或间接影响电动机正常运行。所以，发生故障时拆卸检修工艺方法也比单一电动机相对复杂得多。下面将各种常用家用电器电动机的常见故障及有关系统主要元部件的检修特点扼要分别介绍。

第一节　台扇电动机的故障检修

台扇是电扇的基本类型，它包括落地扇、台地扇、壁扇及顶扇等，它们都采用相同的台扇电动机，从而成为台扇的派生产品，故其故障和检修方法也基本相同。

一、台扇电动机的常见故障与处理方法

电扇故障除电动机之外，还会发生在电气（电路）方面、机械（结构）方面。为此，要根据各种故障现象进行分析，再通过仪表或其他手段仔细检查，才能找出故障点加以排除。

台扇电动机常见电气、机械故障及处理方法见表6-1。

表6-1　台扇电动机常见电气、机械故障原因及处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机不转且无声	1. 电源未接通 2. 调速电抗器断路 3. 绕组断路 4. 电容器开路	1. 检查电源插座、熔丝、开关触点等是否开断 2. 检测调速器是否开路 3. 在引出线端测量其电阻值 4. 测量电容器是否开路
2	电动机不转但有响声或熔丝爆断	1. 线路接地或短路 2. 绕组有严重短路现象 3. 定、转子严重“拖底” 4. 机械部分有“卡死”	1. 检查线路绝缘 2. 测量线圈电阻或电压进行比较 3. 拆卸检查定转子间擦痕 4. 详细检查风叶、定转子间、摇头机构等有无变形及异物卡住

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
3	电动机时转时不转	1. 电源芯线受损接触不良 2. 开关触点接触不良 3. 电容式电扇的电容器有软击穿 4. 罩极电动机的罩极线圈开路 5. 定转子有轻微"拖底" 6. 机内连接线或电容器焊接不良	1. 测量导线电阻，并用手扳动所测线段，如有变化即有故障点 2. 检查开关弹簧是否失效，触点是否退火、变形或走位 3. 更换电容器 4. 拆卸后观察检查 5. 卸开检查是否有擦痕 6. 检查后重焊
4	电动机起动困难	1. 轴与轴孔间隙增大 2. 轴承不同心 3. 转子铜条断裂 4. 电容器质量差，电容量变小 5. 主、副绕组有短路 6. 罩极电动机个别短路环开断 7. 电压过低	1. 检查定转子间隙是否均匀，或检查轴承 2. 在精密机床上校正、调整 3. 用转子笼条质量检查仪检查 4. 更换新电容器再试 5. 用电阻法或电压降法测量比较 6. 卸开检查 7. 检查电源电压
5	电动机不能自起动，用手助动风叶才能起动	1. 副绕组开路 2. 罩极电动机短路，线圈开断或脱焊 3. 机械装配不正	1. 检查副绕组电阻或电容器是否开路 2. 拆卸后外观检查 3. 进行调整并加油，使用手盘动时能有惯性自转
6	电动机高速挡正常，其余转速变慢	1. 轴承缺油 2. 机械转动部分调整较紧 3. 电动机内尘埃或油污积层过厚 4. 电抗调速器线圈设计不合理	1. 加机油 2. 用手转动检查调整 3. 拆卸清洗 4. 适当减少慢挡抽头匝数
7	电动机高速挡慢而无力，且伴有噪声	1. 装配后两轴承不同心 2. 转轴与轴承间隙过大 3. 转子端环或笼条断裂 4. 绕组短路	1. 在机床上检查调整 2. 更换新轴承 3. 用笼条质量检查仪检查或更换转子 4. 用直流电阻法或压降法检查、处理

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
8	电动机起动或运行时冒火花	1. 绕组引线碰壳 2. 主、副绕组间绝缘损坏 3. 绕组受潮击穿	1. 检查出故障点作绝缘处理 2. 查出短路点作绝缘处理或重绕 3. 作干燥浸漆处理
9	电动机运行时有振动和噪声	1. 轴承磨损 2. 轴向窜动过大 3. 定、转子间有杂物 4. 风叶固定螺钉松脱 5. 风叶套孔与电机轴的配合间隙过大 6. 风叶变形 7. 轴伸变形、弯曲 8. 调速电抗器铁片松动 9. 绕组中个别线圈反接	1. 检查间隙不得大于基孔制动配合的30% 2. 用手推动检查，增加垫片调整使其轴窜量在0.3～0.5mm范围 3. 拆卸检查并清除杂物 4. 旋紧螺钉使风叶固定 5. 卸下测量如过松可垫铜皮 6. 校正或更换风叶 7. 校正或更换新轴 8. 检查后重新夹紧 9. 用指南针法检查并改正
10	电动机温升过高	1. 润滑油干涸 2. 定、转子气隙内有油泥、尘埃或铁屑 3. 绝缘老化 4. 电压不符 5. 通风道阻塞 6. 重绕数据错误 7. 绕组匝间短路 8. 绕组有个别线圈极性接反 9. 主、副绕组局部短路	1. 检查清洗后加油 2. 拆卸后清除干净 3. 视情况可作浸漆或重绕处理 4. 测量电源电压不得高于额定电压10% 5. 卸开清除 6. 根据接法及匝数进行磁密校验检查 7. 检查处理或更换绕组 8. 用指南针法检查并改接纠正 9. 检查故障点并作绝缘处理
11	电扇不摇头	1. 转轴涡轮对磨损失去传动能力 2. 牙杆传动齿轮对磨损 3. 连杆损坏 4. 连杆开口销脱落 5. 控制摇头软轴钢丝损坏而“卡死” 6. 离合器弹簧夹断裂或严重变形失效 7. 离合器或角度盘钢珠脱落	1. 更换涡轮 2. 更换新齿轮 3. 重新配连杆 4. 重新配装 5. 更换新钢丝 6. 更换新弹簧夹 7. 重配钢珠

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
12	电扇摇头失灵	1. 摇头机构零件磨损 2. 摇头机构有卡住现象，转动不灵活 3. 离合器钢珠有一颗脱落 4. 离合器弹簧变软	1. 检查并更换磨损件 2. 清洗加油并修整传动机构 3. 重配钢珠装上 4. 更换新弹簧夹
13	电扇摇头失控，不能停摇	1. 控制摇头软轴钢丝断裂 2. 软轴钢丝端头松脱 3. 离合器等传动部分被人为固定卡住	1. 更换新钢丝 2. 调整到适合位置后固定 3. 拆除检查修理损坏部位
14	电扇调速失灵	1. 调速电抗器的线圈故障 2. 抽头调速绕组有短路现象 3. 调速开关定位弹子失落，触点接触不良 4. 调速开关触片烧断	1. 查出短路点或断路故障点进行处理或重绕 2. 卸开检查处理或重绕 3. 配装弹子修复或换新 4. 更换开关或部件
15	调速琴键开关各挡均不通电	1. 电源导线与开关焊点脱落 2. 通电簧片变形与通电片接触不良	1. 检查接好焊牢 2. 更换簧片或琴键开关
16	调速琴键开关有时两挡琴键卡住	1. 自锁片损坏失效 2. 自锁片脱落	1. 重新修配或更换 2. 重新装好
17	指示灯不亮	1. 灯泡断丝 2. 灯泡在灯座中松动 3. 导线脱落	1. 换新 2. 拧紧或更换新灯座 3. 检查后重新焊接
18	电扇外壳麻电	1. 绝缘下降引起泄漏电流造成外壳带电 2. 绕组或线路有接地现象 3. 绕组分布电容引起外壳带电 4. 调速绕组不对称	1. 用绝缘电阻表检查绝缘应不低于2MΩ，否则应做绝缘干燥处理 2. 拆开检查并处理接地点 3. 将金属外壳妥善接地 4. 重新安排调速绕组

二、台扇拆装与重绕修理特点

1. 台扇的拆卸与装配要点

台扇电动机产生故障时必须拆卸机头。拆卸的方法和步骤是：先卸下前网罩、风

叶、后网罩；再松开机头螺钉取下机头尾盖，卸下齿箱盖、调控摇头钢丝绳、机头后盖；最后取出电动机定子与转子。

台扇电动机检修好后，要经必要的绝缘、烘干、试验，然后再装配。装配的步骤与拆卸时正好相反。

2. 台扇的绕组故障及重绕特点

台扇虽属专用型式，但其电动机绕组故障与通用型相同，故可参考3-1节单相电动机绕组典型故障检修。但由于台扇有别于通用型式而有其特殊性，故电动机重绕时，应注意如下修理特点：

1）拆卸旧绕组时，要用专用扁平凿或钢锯将接线端从槽口截齐，但不要弄散；再用截面形状与槽形相近略小的专用钢制退线棒以铁锤敲击，将线圈导线循槽退出。

2）台扇电动机绕组布线、嵌线方式与电容电动机基本相同。但由于电容式台扇定子多采用8槽和16槽两种铁心，即每相均为4只线圈，使8槽绕制双层绕组，16槽绕制单层绕组。

台扇电动机重绕嵌线方式有两种：

（1）叠绕法　它可用于单层链式和双层链式，是8槽定子双层绕组的正规嵌法。

双层链式的嵌线规律是：主、副绕组相同对应边（下层边）顺序交替嵌入槽中，当嵌入（$y+1$）个线圈边后开始整嵌，即将此线圈两有效边分别嵌入相应槽内，直至完成。

8槽电动机双链嵌线工艺是：

1）主绕组线圈一边嵌入槽1下层，另一边“吊把”；

2）副绕组线圈一边嵌槽8下层，另一边“吊把”；

3）主绕组第2只线圈一边嵌入槽7下层，并将另边嵌入槽1上层；

4）副绕组第2只线圈一边嵌入槽6下层，再把另边嵌入槽8上层；

5）如此类推，嵌完后如图2-15所示。嵌线顺序可参考下表：

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下层	1	8	7		6		5		4		3		2			
	上层				1		8		7		6		5		4	3	2

单层链式嵌线规律是：主、副绕组交替隔一槽顺次嵌线。

16槽电动机单链嵌线工艺是：

1）主绕组一线圈边嵌入槽1，另一边“吊把”；

2）隔空槽16再把副绕组线圈一边嵌入槽15，随即将另一边嵌入槽2；

3）主绕组第2只线圈隔空一槽后，分别嵌入槽13和槽16；

4）隔一槽再嵌副绕组线圈。依此类推，直至完成。嵌线顺序可参考下表：

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	沉边	1	15		13		11		9		7		5		3		
	浮边			2		16		14		12		10		8		6	4

注：单层绕组在槽中无上、下层次，为区别线圈两有效边，特将先嵌的线圈边（其端部被后嵌边压住）称为沉边；后嵌线圈边为浮边。

（2）整嵌法　嵌线时无需吊把，是将主、副绕组分相嵌入相应槽内，使其线圈的端部分置于两个不同平面，故又称双平面布线。它可用于单层绕组和双层绕组，是16槽定子单层绕组的正规嵌法。

双层绕组整嵌的工艺特点是，除主、副绕组分置于不同平面外，就其绕组本身在槽内还存在交叠成分，故嵌线时要从线圈的对应边开始，如图2-34所示。

8槽定子双层绕组整嵌工艺：

1）先将主绕组线圈左边嵌入槽1（下层），另一边随之嵌入槽3（下层）；

2）第2只主绕组线圈对称嵌入槽5（下层），另边嵌入槽7（下层）；

3）其余2只主绕组线圈也对称嵌入相应槽的上层，再垫好相间绝缘；

4）把副绕组一线圈的左边嵌入槽8（下层），另边嵌入槽2（下层）；

5）将副绕组第2只线圈分别嵌入槽4和槽6（下层）；

6）依次类推，再把其余两只线圈嵌入相应槽的上层。嵌线次序可参考下表：

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下平面	1	3	5	7	3	5	7	1								
	上平面									8	2	4	6	2	4	6	8

单层绕组整嵌工艺特点是嵌线最为方便，同相绕组不存在同槽交叠的情况，使主、副绕组形成完整的上下平面层次。

16槽定子单层绕组整嵌工艺：

1）嵌入主绕组第1只线圈于槽1、4；

2）再嵌主绕组第2只线圈于槽13、16，并依此嵌完主绕组其余线圈；

3）嵌入副绕组线圈于槽3、6；同理把其余线圈嵌入相应槽内。嵌线完成后如图2-35所示。嵌线顺序可参考下表：

嵌绕次序		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
嵌入槽号	下平面	1	4	13	16	9	12	5	8								
	上平面									3	6	15	2	11	14	7	10

目前，调速电扇多采用抽头式，调速绕组的布线视接法而定。一般采用L—2型接法（见图2-44）时，调速绕组嵌于副绕组槽内面层；L—1型则嵌于主绕组面层。

三、台扇电动机轴承损坏的修理

1. 电扇电动机轴承的特点

为了降低噪声，电扇电动机采用滑动轴承，材质采用铜基或铁基粉末冶金压制成型的含油轴承。常用两种结构形式：球形轴承常用于电容式电扇，它装配方便，轴承座是弹性结构，能自行调整中心，但由于轴承较短，比较容易磨损；管形轴承在罩极电扇中用得较多，它的运行噪声最低，且较耐用，但要求电动机各部的加工同心度准确，同时在装卸过程中容易引起损坏。

2. 电扇轴承磨损的判断方法

（1）通电检查　电动机轴承严重磨损后会造成偏心。这时用手拨动则风叶轻快转动，但通电后转子立刻被定子铁心吸住相碰而不能起动；有时，轴承尚未磨损到定、转子相擦，但已引起气隙严重不均，通电后用手拨动勉强能起动，但运转一段时间后，转速会开始下降直至停转。此轴承应更换。

（2）发热漏油的检查　如电动机运行时发出"嚓、嚓"声，并伴随定子外壳及转轴发热，这说明轴承有松动而造成局部相擦。这时可以卸开前、后端盖，检查漏油情况。因为轴孔间隙越大越不易储油，所以漏油多的轴承必定是磨损严重的轴承。

（3）摇动检查　将轴承清洗干净并装配好后，用手捏住转轴，试上下左右扳动，如发现有明显松动感，则说明轴承严重磨损。但检查时要注意上紧球形轴承盖板上的固定螺钉和端盖螺栓，以免造成误判。

3. 电扇轴承的拆卸

（1）管形轴承拆卸　用一根特制的铜棒，如图 6-1 所示。把轴承向下敲出。另外，封尾式轴承座不能用上法，这时可用丝锥将坏轴承内孔攻刻螺纹后，用一根螺杆旋入轴承，如图 6-2 所示。装置后，旋紧螺帽把轴承拉出。

（2）球型轴承的拆卸方法　球型轴承的拆卸很方便，只要将端盖拆卸开来，旋出背面轴承压板的三颗螺钉即可取下。

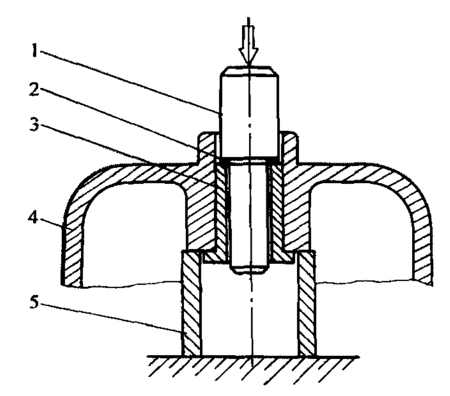


图 6-1　穿透式端盖的管型轴承拆卸
1—铜棒顶杆　2—红钢纸板垫圈　3—管型轴承　4—电动机端盖　5—支承套筒

4. 电扇轴承的调整与修理

（1）轴承的换位调整使用　轴承磨损后，一般应更换新配件。如一时无新轴承，而原轴承磨损又不特别严重时，可将其做好方位记号，然后卸下来把前后轴承互换，再按原方位转动 90°后装入轴承座内。通过上述调整后，多数情况能恢复正常运行一段时间。

（2）轴承的开口压合法修理　电扇含油球轴承磨损后，如无备件也可将轴承一侧沿轴向锯开，清除内孔锯口毛刺，外口锉出斜面如图 6-3 所示。找一根比原轴略小 0.1 ~0.15mm 的光洁圆棒穿入轴承内，用虎钳轻夹使锯口缩小，再用焊锡把锯缝焊牢填

满；然后用铰刀或砂纸将内孔修磨光滑，套入轴上如转动灵活，且无明显松动，则说明此轴承修整完好可用。若转动不灵活，则擦去轴承内油渍，再把轴承套入转轴转动几下，取出后用刮刀刮去轴承内孔由转动几下时所留下的不均匀斑点，经过反复修整，直到轴承转动灵活为止。

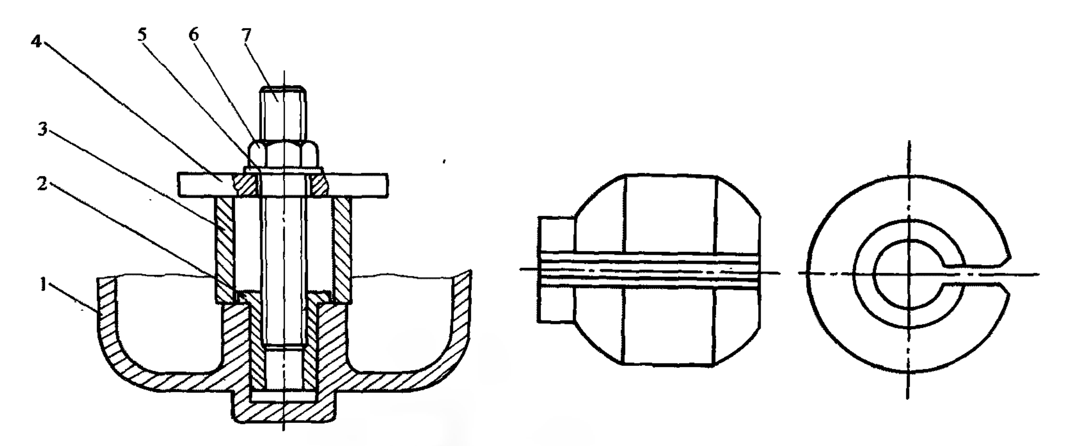


图 6-2　封闭式端盖的管型轴承拆卸
1—电动机端盖　2—管型轴承　3—支承套筒
4—压板　5—垫圈　6—螺帽　7—螺杆

图 6-3　球型轴承的开口压合修理

（3）轴承的挤压法修理　用一块略厚于球型轴承长度的钢板，钻成如图 6-4 形状的阶梯孔，L 约为厚度的 2/3，D_1 等于轴承外径，D_2 比 D_1 减少 0.07 ~ 0.15mm，用细砂纸稍作打磨，然后涂抹少许黄油，将轴承从 D_1 孔端放入，并在虎钳口垫上紫铜板，将轴承随即压入。压平后再在 D_1 孔加套，D_2 孔加铜棒将轴承顶出。然后套入轴中检查，若稍紧可用铰刀采取上述修整至适当；如感觉仍过松，则将 D_2 再缩小重压。一般经 1 ~ 2 次挤压后，便可使轴承修复。

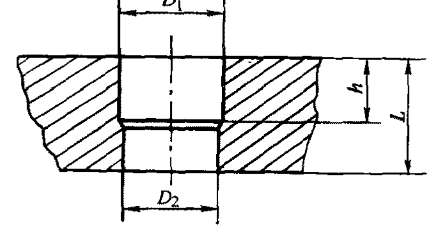


图 6-4　轴承修理挤压模

5. 风扇轴承的装配

（1）球型轴承的装配　老式轴承是用黄铜车制，并在轴承外开油槽及钻油孔。轴承从端盖内端装入，并用垫圈压板及螺栓拧紧；将转子套入前轴承内孔及装上后端盖。由于老式电扇的端盖止口配合较松，轴承又没有完整的自动调整结构，故需稍拧紧螺钉后，用木锤轻敲，使转子达到转动最灵活位置后，拧紧螺钉。最后给前轴承加入机油，并旋紧油杯。后轴承与油箱相邻，油箱内的黄油可供轴承使用。

新式球轴承是含油轴承，装配前只需在轻质机油中沉浸数小时，依靠渗入的油即能起润滑作用，故无须油槽及油孔。球轴承再经羊毛油毡、调心弹簧及压板用三颗螺钉压

紧在弧面轴承座内。

由于新式球轴承具有自动润滑、自动调心，简化了装配调整工序，节省不少工时，所以为目前的电扇厂广泛采用。

（2）管型轴承的装配　新的管型轴承要在适当位置钻上油孔和开油槽，然后在轴承外圆周抹上少许黄油，试将轴承用手推入轴承座。如觉过松，可用冲头在外圆四周均匀地冲出小点；若过紧则用细砂纸将轴承外圆周打磨至适度。装配轴承时，将端盖倒过来平置，轴承的油槽对准端盖上的油孔，用手压入少许，再拿圆硬木棒作衬垫，用铁锤把轴承敲入端盖的轴承座内相应位置；擦拭干净后，加油，再进行电机装配。

四、电风扇风叶抖动的修理

电风扇起动后如产生剧烈振动，甚至跳动的原因主要是风叶变形，其次是主轴端弯曲或轴承磨损。风叶变形造成抖动原因及校正调整方法如下：

1. 风叶根盘校正

校正时卸去整个风罩及风叶，将风扇置于水平位置，用手把电动机主轴向后推到底，百分表装在活动支架上（要稳固），移至主轴端上方，慢慢转动轴端。如检查证明无轴端弯曲变形才能进行风叶的校正。

校正时先装好风叶，再将百分表移至前面对着风叶根盘平面，如图6-5箭头1所示；缓慢转动风叶，要求根盘平面的误差不应超过0.1～0.15mm。如误差过大，可卸下来放上机床调整校正。

2. 风叶扭角变形的校正

风叶扭角即扇叶扭转的角度。如三只扇叶扭角不同，则转动时必然产生不同阻力引起风叶动平衡失调而抖动。通常，采用划针来校正风叶。校正前面、后面及顶上三点，如图6-5箭头2、3、4所示。这样能基本满足使用要求。校正时使划针靠近校正点，然后缓慢转动叶片，检查各叶片同一点与划针距离应相同，若相差，可适当用力扳动风叶进行调整。调整好一点后再进行另一点校正；几点校完再复检前面的校正点。如此反复进行数次，才能达到误差不超过0.15mm。当校正风叶顶点误差较大时，应检查风叶轴套配合是否间隙过大，如过大，应加垫薄铜皮使配合间隙减少并提高同心度。

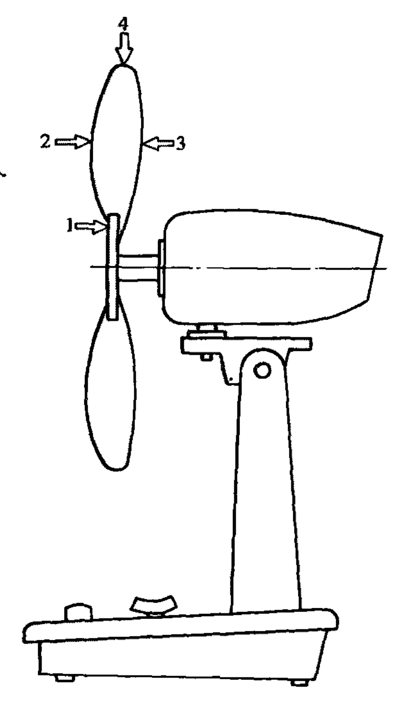


图6-5　风叶校正示意

1—风叶根盘校正点　2—风叶扭角前校正点
3—风叶扭角后校正点　4—风叶摆度校正点

3. 不用工具校正风叶的简易方法

如果没有百分表和划针盘，也可用一根直

径约0.6～1.0mm的铜线或铝线，拆卸前罩网后，将此铜线一端缠绕固定在校正点附近的后罩网上；另一端用手拗直接近校正点，然后转动风叶进行校正，顺序如上。这样反复数次，也同样基本满足使用要求。

4. 风叶静平衡校正

风叶一般是用1.5～2.0mm铝板冲压成形，每片风叶的重量基本相等。但由于材质和工艺难免造成重量误差，从而导致运转时离心力不等而产生抖动，故应做风叶静平衡校验。校正时将风叶卸下来套入标准轴中，放在刀口架上，根据转动停止重点必向下的原理，可找出相对较重的扇叶。用此法多做几次校验，便可得出正确的结果，最后在较重的扇叶外缘非校正点上锉去若干材质，使减轻重量达到平衡。

五、转子主轴松动的修理

由于电扇电动机主轴与转子的铁心材质不同，特别是对用铸铝来固定转子铁心的无轴肩主轴，如果配合的过盈量稍小，因热胀冷缩不同的作用常容易造成主轴轻微松动故障。

转子主轴松动后电扇运转一段时间后，便会发出轻微“嗒嗒”的有节奏撞击声。轻者只有在高速运转时出现噪声，严重时也在低、中速时发生。判断这种故障通常采用的方法是把电扇开在最高速挡，当出现“嗒嗒”的有节奏噪声时立即关断电源，使定子旋转磁场力矩消失后再作判断。若断电瞬间噪声即消失，则基本属此类故障。这是可进一步检验判断，即卸开电动机取出转子，一手握转子铁心，另一手用电工钳夹住转轴，并左右用力旋转，如主轴有松动感则判定故障主因。检验时为避免损伤主轴，可在钳口上衬垫铜皮或布条，同时不要夹在轴承挡部位。

转子主轴松动的修理方法有四种：

1. 重力助紧法

主轴轻微松动可用此法。只要取一块硬木作砧座，双手握住转子铁心使主轴端平面竖立在砧座上，然后提起稍用力撞向砧座几下。这时利用转子铁心本身的重力“势能”，便可消除主轴轻微松动故障。当然此方法属“治标”性质，运转一定时间后仍可能再次松动，则要采用其他方法。

2. 挤压修理法

如主轴与铁心稍有松动，可找一根合适的铁管子套在主轴的一头，并将铁心竖起垫实，用冲子或钝口凿沿主轴周围冲击一周，使铁心材料向主轴挤压；然后用同样方法处理转子另一头，则松动故障可以消除。

3. 铆接修理法

由于电扇电动机功率较小，如主轴松动可用ϕ1.5～2mm钻头分别在转子两端凸缘上钻出相互垂直的小孔，如图6-6所示，再用铜线或铝线穿入孔内，铆实两端即可。

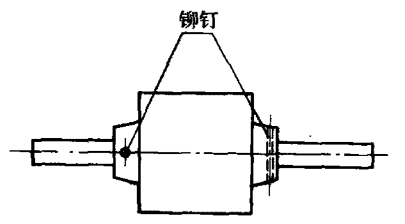


图6-6 主轴松动铆接示意

4. 粘结修理法

将转子主轴两端铸铝凸缘各锯深槽至主轴面为

止，但要保留轴肩，用錾子凿开主轴周围的铸铝，注意不应损坏端环的铸铝，并用汽油清洗凿开面待干；然后把转子垂直放置，将 CH31 胶粘剂按使用说明调好后注入凿开面，等胶液流平后静置 24h；第二天再调头用同样方法粘结另一头，待干燥四天后完全固化即可使用。

如果主轴松动并有严重磨损，上述修复方法既不能保证其同心度，也无再修的价值，必须更换新主轴。

六、电风扇噪声故障及消除法

电风扇运转时的声音应是轻微而均匀的，如发出不正常声音超过表 6-2 的限值便属噪声。

表 6-2　各种风扇噪声最大容许值

台扇、壁扇、落地扇等		吊扇	
规格/mm	最大噪声功率级/dB	规格/mm	最大噪声功率级/dB
200	59	960	62
250	61	1050	65
300	63	1200	67
350	65	1400	70
400	67	1500	72

电扇的噪声主要有电磁噪声、机械噪声及空气动力噪声。

1. 电磁噪声

它是一种连续不断或强或弱的“嗡嗡”声，是产生于电动机定、转子气隙中。其原因多数属于制造质量缺陷，采用简易修理很难克服，只能通过检验重绕定子绕组或转子解决。电动机质量缺陷一般可能有：

1）气隙磁密过高，磁路过分饱和；

2）绕组电气上不平衡或局部短路；

3）转子断条或笼条压铸缺陷造成不平衡；

4）转子细微轴弯或装配不良造成气隙不均等。

2. 机械噪声

机械摩擦产生的噪声也有多种原因，例如：

（1）轴承引起的噪声　由于轴承磨损后使间隙增大或不均，轴承的润滑作用变劣，并导致轴承发热和磨损，致使运转中发出“哒哒”声。检查和修理方法参阅本节“台扇电动机轴承损坏的修理”内容。

另外，球形轴承调心弹簧夹失效，或压板螺钉松动也会引起轴承跳动而发出上述噪声。消除的办法是拧紧压板螺钉，或将羊毛毡浸透机油并加垫一层 0.5mm 厚青壳纸后组装复原使用。

（2）扇叶变形引起的噪声　风叶变形会使风扇运行时抖动而产生“哒哒”噪声。

消除办法参见“电扇风叶抖动的修理”内容。

（3）转子轴向窜动引起的噪声　电扇的转子应有少许轴向窜动，但一般不得大于0.3mm。如果窜动量过大，便会发出“哒哒”噪声。特别是在起动和停止过程尤为明显。消除方法是卸开端盖，在轴上添加用红钢纸板冲制的垫圈，使轴窜量小于0.3mm。

（4）转子与主轴松动引起的噪声　转子与主轴松动的处理方法见本章“转子主轴松动的修理”内容。

（5）减速箱工作不良引起的噪声　原因主要是电扇尾部减速箱中的润滑脂混有较多灰尘、杂质，使涡轮对工作状况恶化而发出“嚓嚓”声。消除方法是先检查涡轮对，如有毛刺则应修整，若磨损过度，应予更换；同时将减速箱内的旧油脂清除并清洗干净后加上新油脂。

（6）摇头连杆引起的噪声　电扇的摇头连杆要求安装位置正确并运转灵活，且两孔距离要满足四连杆运动的规律。否则就会造成连杆有短暂的“卡死”现象，从而使机头发出“嗒嗒”的间歇响声。消除办法是矫正连杆变形，如连杆孔磨损则要重配。

3. 空气动力噪声

电扇运行时，轴向风压绕过风叶后缘，由于摩擦作用，会产生空气旋涡而形成环流，这股环流叠加在风叶向前送出的均匀气流上就产生气流噪声。正常时这种噪声是很低的，但若轴端微弯或风叶变形，则由于各风叶上的气流压力不均匀，风叶便发生抖动而产生不正常噪声。这时应对风叶进行校正调整。其检查调整方法见本节“电扇风叶抖动的修理”内容。

七、电风扇调速器的配置与选用

电风扇采用的调速方式有多种，调速线路已在本章“电风扇调速”中介绍，下面对几种调速元件的配置、计算与选择举例叙述。

1. 自耦降压调速器的简易计算

（1）铁心截面积（cm）

$$A_{Fe} = K_e \sqrt{P_j}$$

式中　K_e——铁心叠压系数，一般取 $K_e = 1.15 \sim 1.2$；

P_j——自耦变压调速器计算功率（W）。

$$P_j = \frac{K-1}{K} P_1$$

式中　K——变比，$K = U_1/U_n$；

U_1——高速挡电压（即电源电压）（V）；

U_n——各挡输出电压（V）；

P_1——电动机输入功率（W）。

$$P_D = U_D \cdot I_D$$

式中　U_D——电扇慢速起动时的最低电压（V），一般由实验测取，也可由下式估算：

$$U_D = K_m \cdot U_N$$

式中　K_m——电压调速系数。对罩极式台扇及250mm以下电容式台扇取$K_m = 0.65 \sim 0.72$，对300～400mm电容式台扇取$K_m = 0.58 \sim 0.63$，对吊扇取$K_m = 0.41 \sim 0.43$；

U_N——电源额定电压；

I_D——电扇低速挡时的电流（A），由实验测得，其值也可由下式估算

$$I_D = K_m \frac{P_h}{U}$$

式中　P_h——电扇消耗功率（W），可参考表6-3选取。

表6-3　电扇估算消耗功率参考值

型式	罩极台扇			电容式台扇、落地扇				电容式吊扇			
规格/mm	200	230	250	250	300	350	400	900	1200	1400	1500
消耗功率/W	32	38	45	32	46	54	66	60	75	80～85	90

（2）线圈匝数计算

$$N = \frac{45U_n}{A_{Fe}}$$

（3）导线选择

为绕制方便，一般以较大电流的慢档的次级绕组选取导线直径，则低速时输入电流为$I_1 = I_D$。

输出电流（A）

$$I_2 = P_D / U_D$$

次级绕组电流（A）

$$I = I_2 - I_1$$

导线直径（mm）

$$d = 2\sqrt{\frac{I}{\pi\theta_J}}$$

式中　θ_J——导线电流密度，一般取$\theta_J = 3 \sim 5\text{A/mm}^2$。

实例　试计算400mm、220V电容式台扇调速用自耦变压器的主要参数。

铁心截面积选择：

由表6-3查得电扇的功耗$P_h = 66\text{W}$，选$K_m = 0.6$。

电扇在低速挡消耗的功率

$$P_D = K_m P_h = 0.6 \times 66 = 40\text{W}$$

电扇低速挡时的电流

$$I_D = \frac{P_D}{U_N} = \frac{40}{220} = 0.182\text{A}$$

低速挡时电机端电压

$$U_D = K_m U_N = 0.6 \times 220 = 132\text{V}$$

低速挡时的实际功率

$$P = U_D I_D = 132 \times 0.182 \approx 24\text{W}$$

变压器变比

$$K = \frac{U_1}{U_D} = \frac{220}{132} = 1.666$$

变压器计算功率

$$P_j = \frac{K-1}{K}P = \frac{1.666-1}{1.666} \times 24 = 9.6\text{W}$$

铁心截面积（初选值）

$$A'_{Fe} = 1.2\sqrt{P_j} = 1.2 \times \sqrt{9.6} = 3.7\text{cm}^2$$

取铁心截面尺寸为 $A_t = 1.9 \times 2.0 = 3.8\text{cm}^2$

线圈匝数：

取中速挡电压为 $U_2 = 175\text{V}$，指示灯电压为 6.3V，各挡匝数计算如下：

$$N_1 = \frac{45U_N}{A_{Fe}} = \frac{45 \times 220}{3.8} = 2605\ \text{匝}$$

$$N_2 = \frac{45U_2}{A_{Fe}} = \frac{45 \times 175}{3.8} = 2072\ \text{匝}$$

$$N_3 = \frac{45U_D}{A_{Fe}} = \frac{45 \times 132}{3.8} = 1564\ \text{匝}$$

$$N_d = \frac{45U_d}{A_{Fe}} = \frac{45 \times 6.3}{3.8} = 75\ \text{匝}$$

导线选择：

低速时输出电流（A）

$$I_2 = \frac{P_D}{U_D} = \frac{40}{132} = 0.303$$

副级绕组电流

$$I = I_2 - I_D = 0.303 - 0.182 \approx 0.121\text{A}$$

取导线电流密度 $J = 4\text{A/mm}^2$，

绕组导线直径

$$d = 2\sqrt{\frac{I}{\pi J}} = 2 \times \sqrt{\frac{0.121}{3.14 \times 4}} = 0.196\text{mm}$$

选用 $\phi 0.2$mmQZ 型高强度漆包圆铜线。

2. 电扇调速电容器的选择计算

一般家用台扇都具备 3 挡调速装置。若原来慢速挡仍嫌风量太大时，可采用串联电容器调速。这种调速方式不但改制简单，效果较好；同时，输入电流相位超前，对电网有利，且损耗也小，不失为一种电扇节能的措施。

（1）电容调速的条件　由于电扇负载转矩随转速降低而减小，并使转矩与转速在新的工作点上获得平衡。由此，采用电抗器调速和自耦变压器调速都属于同相降压调速；而串联电容的调速则是反相降压调速。因为电扇电动机的功率因数是滞后的，当电动机绕组串联电容器后，整个回路的电压

$$\dot{U} = \dot{U}_L + \dot{U}_R + \dot{U}_C$$

式中　$\dot{U}$——电网电压；

$\dot{U}_L$——电动机绕组电感电压降；

$\dot{U}_R$——电动机绕组电阻压降；

$\dot{U}_C$——串联电容压降。

当 $X_C = X_L$ 时将产生串联谐振，其回路总阻抗 Z 等于绕组电阻 R，这时电动机电流迅即激增而导致烧毁。根据实践经验，要使电动机获得电容性压降调速，必须使 $U_C > 2U_L$，即所选电容器的容抗满足于 $X_C > 2X_L$。

（2）调速电容器的估算方法　由于非额定条件下的电动机参数不易求取，准确地计算电动机工作点上的电容量是困难的，故所需电容量通常由实验来确定；但可根据调速条件由下式作初步估算：

$$C = \frac{10^6}{4\pi f X_L}$$

式中　C——串联调速电容量（μF）；

f——电源频率（Hz）；

X_L——电动机绕组感抗（Ω）。

串联电容后如转速过低，可增大电容量；反之可减少电容量。

实例 某电容式转页鸿运扇，在电源电压是210V时，测得快速挡电流为0.2A，试估算慢速挡的串联电容量。

测得主绕组电阻 $R_M = 350\Omega$

副绕组电阻 $R_a = 330\Omega$

电动机绕组总电阻

$$R = \frac{R_M R_a}{R_M + R_a} = \frac{350 \times 330}{350 + 330} \approx 170\Omega$$

电动机运行总阻抗

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{210}{0.2} = 1050\Omega$$

电动机感抗

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{1050^2 - 170^2} = 1036\Omega$$

电动机串联调速电容量

$$C = \frac{10^6}{4\pi f X_L} = \frac{10^6}{4 \times 3.14 \times 50 \times 1036} = 1.537\mu F$$

选400V、1.5μF油浸纸介电容器试运转，并确定该转速的挡次。若需要更低速时可选配更小容量电容；若嫌转速过慢，则选配稍大容量电容器。

3. 电扇调速电抗器的选配与测试

电扇的电抗调速线路很多，它应与电扇电动机的负载转矩及风叶片特性相匹配才能获得较理想的调速效果。附录附表1-21所列的电抗器及接线图可供选用时参考。

然而，电抗器的调速性能取决于线圈的阻抗以及同电扇电机绕组的匹配，所以往往在同一规格非同一设计的产品会出现不同的调速特性。为此，电抗器计算的参数仅作为制作的参考。电抗器绕制好后，还必须进行测试和调整才能使用。

（1）电抗器的配置参数计算

1）调速电抗器铁心截面（cm^2）

$$A_t = K_t \sqrt{P_L}$$

式中 P_L——电抗器耗电功率（W）。

P_L 由下式求取：

$$P_L = U_L I_D$$

式中 U_L——电抗器最大压降，一般取 $U_L = 100 \sim 110V$；

I_D——低速挡电流，应由实验测得，可由表6-4预选；

K_t——系数，$K_t = 0.74 \sim 0.89$，一般台扇类取小值；吊扇取较大值。

表 6-4　各种电扇低速挡运行电流及电抗器电压参数

<table>
<tr><th rowspan="2">型　式</th><th rowspan="2">规格/mm</th><th colspan="2">罩极式电扇</th><th colspan="2">电容式电扇</th></tr>
<tr><th>电流/A</th><th>电压/V</th><th>电流/A</th><th>电压/V</th></tr>
<tr><td rowspan="4">台　扇</td><td>250</td><td rowspan="2">0.23 ~0.28</td><td rowspan="4">58 ~46</td><td>0.065 ~0.095</td><td>142 ~134</td></tr>
<tr><td>300</td><td>0.10 ~0.12</td><td>130 ~116</td></tr>
<tr><td>350</td><td>0.27 ~0.33</td><td>0.12 ~0.125</td><td>116 ~108</td></tr>
<tr><td>400</td><td>0.36 ~0.48</td><td>0.14 ~0.185</td><td>110 ~104</td></tr>
<tr><td rowspan="4">吊　扇</td><td>900 ~1050</td><td>0.32 ~0.36</td><td rowspan="4">84 ~76</td><td>0.175 ~0.194</td><td rowspan="4">108 ~94</td></tr>
<tr><td>1200</td><td rowspan="3">0.34 ~0.39</td><td>0.27 ~0.30</td></tr>
<tr><td>1400</td><td rowspan="2">0.29 ~0.32</td></tr>
<tr><td>1500</td></tr>
</table>

2）电抗器匝数计算

低速挡（总）匝数（匝）

$$N_5 = 89 \times 10^2 \sqrt{\frac{Ll_{tp}}{A_{Fe}\mu_\Delta}}$$

次低速挡抽头匝数（匝）

$$N_4 = N_5 \times 80\%$$

中速挡抽头匝数（匝）

$$N_3 = N_5 \times 60\%$$

次高速挡抽头匝数（匝）

$$N_2 = N_5 \times 40\%$$

高速挡抽头匝数（匝）

$$N_1 = 0$$

式中　L——电抗器电感（H）；

$$L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

X_L——低速时所需串联感抗，如忽略其电阻，则 $X_L \approx Z$，而 $Z = \frac{U_L}{I_D}$，Ω；

l_{tp}——铁心磁路平均长度（cm）；

μ_Δ——铁心材料有效磁导率，对 D43 热轧片取 $\mu_\Delta = 1000$；D310 冷轧片取 $\mu_\Delta = 1200$。

3）导线选择。导线截面积（mm^2）

$$A_C = \frac{I_D}{J}$$

式中 J——导线电流密度（A/mm^2）。对罩极式电扇取 $J=2\sim4A/mm^2$；对电容式电扇取 $J=3\sim5A/mm^2$。

导线直径（mm）

$$d=1.13\sqrt{A_C}$$

实例 有一台350mm、220V电容式台扇，需配制调速电抗器，试计算绕组参数。

1）铁心选择。选 $K_e=0.76$，查表6-4取 $I_D=0.122A$，$U_L=112V$

电抗器耗电功率为

$$P_L=U_LI_D=112\times0.122=13.66W$$

铁心截面积

$$A_{Fe}=K_t\sqrt{P_L}=0.76\times\sqrt{13.66}=2.8cm^2$$

选用D43热轧E形硅钢片，取 $\mu_\Delta=1000$，选择铁心尺寸为 $1.9\times1.58cm$，平均磁路长度

$$l_{tp}=14cm$$

2）电抗器匝数。忽略线圈电阻，则线圈感抗为

$$X_L=Z=\frac{U_L}{I_D}=\frac{112}{0.122}=918\Omega$$

线圈所需电感

$$L=\frac{X_L}{2\pi f}=\frac{918}{2\times3.14\times50}=2.923H$$

低速挡串联电抗总匝数

$$N_5=89\times10^2\sqrt{\frac{Ll_{tp}}{A_t\mu_\Delta}}=8900\times\sqrt{\frac{2.923\times14}{2.8\times1000}}=1076\text{ 匝}$$

中挡抽头匝数

$$N_3=N_5\times60\%=1076\times60\%=646\text{ 匝}$$

3）导线选择。取导线电流密度

$$J=4A/mm^2$$

导线截面积

$$A_C=\frac{I_D}{J}=\frac{0.122}{4}=0.0305mm^2$$

导线直径

$$d=1.13\sqrt{A_C}=1.13\times\sqrt{0.0305}=0.197mm$$

选 ϕ0.20mmZQ型高强度漆包圆铜线。

（2）电抗器的调试 电抗器绕制好后应进行测试调整，试验电压经调压器供给，施于电抗线圈首端及低速端。试验电压及调整电流可参考表6-4。

电抗器的调试一般在室温25～30°C中进行。当调试实测电抗器电流值高于表中数值时，电扇转速偏高；反之，电流过小则转速偏低。为使电抗器获得较理想的调速特性，最好在测试后与所用电扇配合试运转，并根据实际运行情况作参数调整。若参数相

差不大，可将铁心接缝敲紧密，使其气隙减小，以提高转速；也可以增加铁心冲片，使其电流增加。若嫌转速太快，则应减小电流，将气隙增大或减少铁心截面积。如果电流数值相差过大，有可能是线圈有短路故障，或所选的调试参数与电扇实际相差甚大，这时应实测电扇运行参数后，重算电抗器数据再行重绕。

4. 电扇转速的检测

虽然电扇的转速正比于电压，但其调整效果的校验必须通过转速检测才能确定。由于电扇电动机功率较小，通常的机械转速表都是接触式的，测量时会引起转速下降，使测量误差很大，在生产厂是采用无接触式闪光测速仪测量。它是根据闪光灯发光频率与被测物体旋转周期差速原理制成。一般不具备此条件时，常用下列简易方法测速：

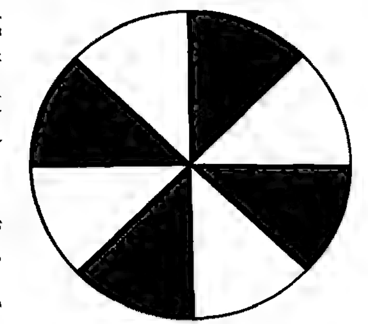


图 6-7　测速瓜形瓣

（1）荧光灯测速法　测速装置是用一片纸画制黑白 8 等分的“瓜形瓣”（见图 6-7）标记贴在风叶中心上进行。因荧光灯的闪烁频率与电源频率相同，四极电动机的同步转速为 1500r/min，若与荧光灯频率同步，则风叶上的标记对视觉宛如不动；当风叶转速小于同步转速，则标记出现影形旋转现象，而且与等分瓣数 C 有关。这时可由单位时间的影形旋转周数算出电扇电动机转速（r/min）。

$$n=\left(1-\frac{n''}{12.5Ct}\right)n_1$$

式中　t——检测时间（s）；

n''——标记在 ts 内影形旋转的周数；

n_1——电动机同步转速。

实例　某四极台扇采用 8 等分黑白测速标记，10s 内影形旋转 40 周。试计算电扇电动机实际转速是多少？

由上式可求出台扇电动机运行时的转速约为

$$n=\left(1-\frac{n''}{12.5Ct}\right)n_1=\left(1-\frac{40}{12.5\times8\times10}\right)\times1500=1440\text{r/min}$$

如果转差率过小或过大时，其影形转速不易算准，需采用不同等分的标记方能获得较准确的结果。

（2）电扇摇头次数推算法　因为电扇摇头次数与齿轮传动机构有关。因此，当电源电压、频率准确，则电扇的转速可由单位时间内测得的电扇摇头次数推算出来

$$n=\frac{CZ_wZ_y}{tZ_g}$$

式中　n——电动机工作转速（r/min）；

Z_w——涡轮齿数；

Z_y——摇头齿轮齿数；

Z_g——牙杆齿数；

C——检测电扇摇头次数；

t——摇头 C 次所需时间（min）。

实例 某台扇摇头 50 次所需时间是 9min4.2s，试推算电扇转速。

由实测电扇蜗轮为 50 齿，牙杆 14 齿，摇头齿轮 64 齿。

将时间秒为单位的转换为分表示，得

$$t = 9 + \frac{4.2}{60} = 9.07\text{min}$$

电扇的转速

$$n = \frac{CZ_wZ_y}{tZ_g} = \frac{50 \times 50 \times 64}{9.07 \times 14} = 1260\text{r/min}$$

第二节 吊扇及其他电风扇电动机的故障检修

吊扇是电扇的特殊型式。除残存的古典式吊扇采用罩极式内转子之外，目前的吊扇都是外转子结构，而且主要采用电容运转式电动机，并由长风叶、吊杆、吊攀、上下罩等组成，安装并悬吊于室内。其他电扇是台扇的派生产品，它主要包括轴流排风、换气扇、排油抽风扇及各种型式的鸿运扇和落地扇等。

一、吊扇电动机的故障检修与拆卸

吊扇电动机结构有别于台扇，它的扇叶外径很大，常在 1200～1500mm 之间，所以转速不能太快，一般是 200～300r/min，而且附接 5～7 挡的调速装置。吊扇电动机定子铁心为大直径短铁心，呈扁平的外转子结构。由于结构特殊，故除绕组故障可借鉴 3—1 节检修外，有它独特的故障。常见故障及其检修见表 6-5。

表 6-5 吊扇电动机常见电气、机械故障及处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机不能起动	1. 线圈烧毁 2. 线圈断路或短路 3. 熔丝烧断 4. 开关接触不良 5. 电源电压过低 6. 电容器损坏	1. 重绕 2. 卸开检查处理或重绕 3. 检查原因，排除故障后更换熔丝 4. 修复或更换开关 5. 检查原因并加设稳压器 6. 检查确认后更换电容器
2	电动机起动性能不好	1. 轴承油变硬或缺油 2. 滚动轴承磨损造成偏心 3. 转轴磨损造成偏心 4. 装配不正	1. 清洗轴承后更换新油 2. 检查确认后更换新轴承 3. 加工修整或更换新主轴 4. 重新装配正确

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
3	电动机转速慢	1. 电容器击穿 2. 接线错误 3. 绕组局部短路 4. 轴承缺油	1. 更换新电容器 2. 检查并纠正接线 3. 局部检修或重绕 4. 清洗轴承后更换新油
4	电动机反转	1. 电容器错串到主绕组回路 2. 主、副绕组空间相位倒错	1. 将电容器改接到副绕组回路 2. 应使副绕组线圈与转向前面相邻的主绕组线圈极性相同
5	吊扇运行有振动、噪声	1. 风叶变形或损坏 2. 风叶根部螺钉松动 3. 轴承缺油磨损	1. 检查后校正或更换 2. 拧紧风叶根部螺钉 3. 检查、清洗、加油或更换新轴承
6	吊扇调速失灵	1. 调速器与吊扇不匹配 2. 电抗器阻抗值过小 3. 调速器电抗线圈断裂或抽头焊点脱焊 4. 调速电抗线圈局部短路 5. 调速器旋钮定位弹子脱落造成接触不良 6. 电容器错接到主绕组	1. 根据所需速度调整电抗线圈增减匝数 2. 将电抗器铁心敲实以减少磁阻 3. 检查接好焊牢后绝缘 4. 拆卸重绕 5. 重新配装弹子 6. 将副绕组极性接反后再串联电容器
7	吊扇调速器有杂音	1. 电抗器铁心松动 2. 吊杆间的防振胶圈老化或损坏	1. 卸开后重新上紧固紧螺钉 2. 更换新胶圈

吊扇的拆卸不同于台扇。拆卸步骤要点是先拆卸风叶、电容器、吊杆，然后再解体机头（吊扇电动机）。机头的外壳端盖有两种结构，解体的方法略有不同。

（1）套式机头的解体　套式结构的机头是下端盖套入上端盖，如图6-8a所示。拆卸时先拧去机头上边缘平面上的全部螺钉，再找一根圆钢条穿入机头，轴上端横孔用手吊起，用铁锤垫上铜棒（或硬木）沿下端盖的套入边缘四周轻轻敲击卸下；然后把机头翻过来，将轴头向木板上撞击几下即可卸下上盖。

（2）对式机头的解体　对式结构的机头上下端盖直径相同，对合的夹缝在机头侧面中部如图6-8b所示。拆卸时先拧去端盖螺钉，将对合夹缝竖起如图，下面垫上软垫或木板，用螺丝刀或特别的凿具插入夹缝隙轻敲，沿四周逐点撬开；当缝隙增大再用木锤衬硬木敲击下盖边沿使其脱出；最后翻过来以轴落地把上盖敲出。

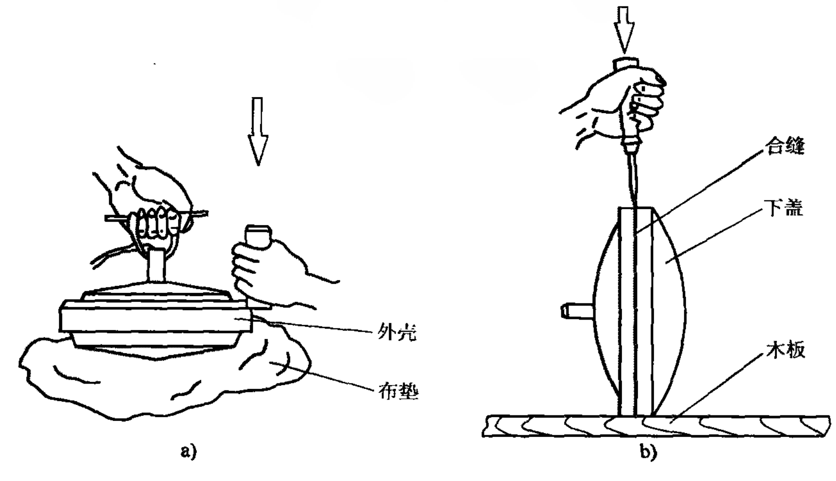


图 6-8　吊扇机头的拆卸方法
a）套式机头拆卸　b）对式机头拆卸

（3）吊扇滚动轴承的拆卸　吊扇滚动轴承的拆卸不宜用台扇的“拉马”工具，而应改用吊扇专用的“三脚拉马”，如图 6-9a 所示。有的吊扇轴端为半开口，用“拉马”螺杆顶压定位钢珠时，容易造成轴端变形损坏，因此拆卸半开口轴端的轴承要加装过渡定位套，如图 6-9c，使 D 的尺寸刚好套入轴端。

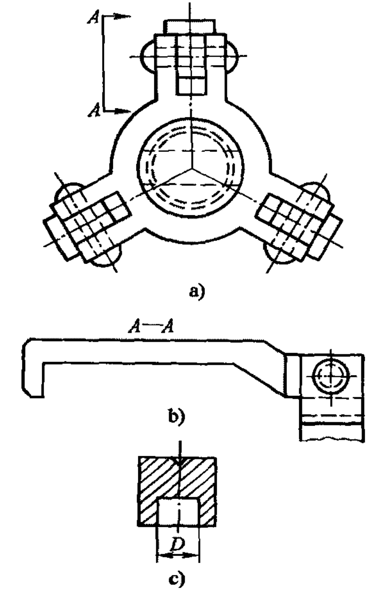


图 6-9　拆卸吊扇轴承的专用工具“三脚拉马”

二、吊扇电动机绕组的接线与检查

1. 吊扇电动机的绕组接线

吊扇绕组的极数较多，但每极相组通常都只有一只线圈。结构型式有庶极式和显极式。

（1）庶极式　它是单层绕组，在间隔一个线圈的槽中嵌放一个同相线圈，故接线方法是顺接串联。绕组的特点是通风散热效果较好，线圈数少，嵌线及连接方便，但会引起磁场畸变而影响运行性能。

（2）显极式　是双层绕组，相邻线圈极性交替变换，故接线方法是反接串联，即相邻的线圈是尾接尾、头接头。由于它能改善吊扇电机的运行性能，目前生产的电容运转式吊扇较多用此型式。

吊扇电动机绕组接线错误可参考电容电动机故障检修，或用指南针法检查后纠正。

2. 吊扇的转向与接线相位的确定

为使转子获得起动转矩，主、副绕组除空间错开 90°电角外，还需有相当的相位

差。为此，副绕组必须串接足够容量的移相电容器，使副绕组的空间和相位都超前于主绕组。

实际上，目前生产的电容式吊扇，当俯视时是顺时针旋转。因此，当吊扇电动机的接线在上方时（通常情况都是这样），必须将沿转向后面相邻的副绕组进线槽与前面相邻主绕组进线槽接为公共端，如图 6-10 所示。

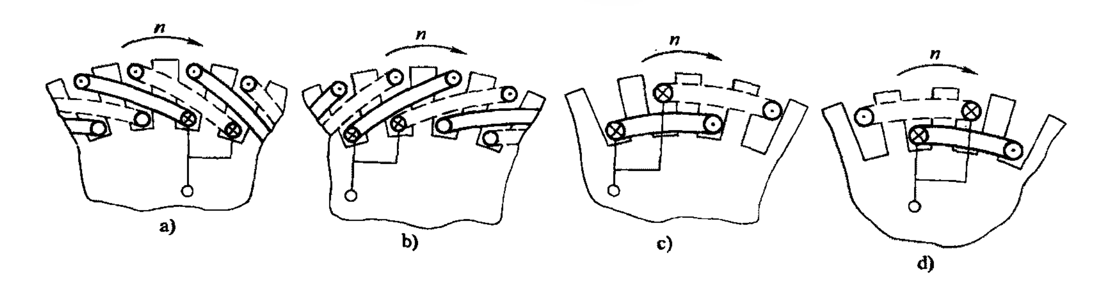


图 6-10 吊扇电动机转向与绕组接线示意图

a）双层绕组左行布线 b）双层绕组右行布线 c）单层绕组左行布线 d）单层绕组右行布线

（虚线为主绕组线圈，实线为副绕组线圈）

3. 吊扇电动机的外部接线检测方法

吊扇电动机外部接线如图 6-11 所示。电容式吊扇电动机通常是三根引出线，常以“1”代表主绕组，“2”代表副绕组，“3”代表公共点，电容器并接于 1、2 之间（从线路原理上说，实为串接于副绕组回路）。常用的识别引线的方法步骤如下：

1）用万用表（$R\times10$ 挡）测任意两根引线；

2）找出电阻值最大的两根，余下一根可确认是公共点引线 3；

3）将电容器并接于大阻值的两根线间；

4）把一根电源接入引线 3；

5）对主绕组相位正确或未经重绕的吊扇电动机，可将另一根电源线接入任意两根引线中的一根，试通电后若电机反转（从上而下看），则此线是“2”，即副绕组引线；再将此根电源线改接到“1”电动机正转，则确认接线正确；

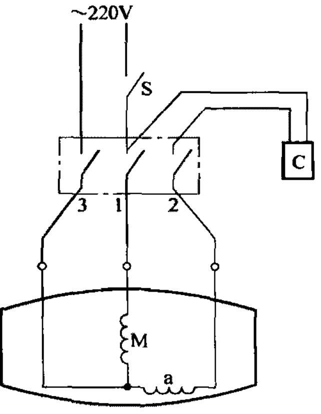


图 6-11 电容式吊扇电动机外部接线图

6）若电动机经过重绕修理，主、副绕组相位的正确性不能肯定时，则不能采用上法。这时只有卸开端盖来检查确认接线端号。

三、吊扇运行时晃动的校正方法

吊扇风叶片在检修、拆卸或装配时容易造成变形，运转时就会发生叶片抖动并发出噪声，严重时导致吊扇晃动。对此，应将风叶片进行检查校正。

吊扇风叶片的变形往往是拆装、清洗时工作疏忽造成，用力过度或存放不当也是原因。风叶片扭角变形是常见故障。检查时只要把全部（一般是三片）风叶片整齐地叠在一起，完好的风叶片各部位都应叠合密实得不露空隙。如果发现有个别部位有翘起，即说明此处变形，必须用手以适当力度扳正到密实为止。

对于老式木质风叶片的叶根因用铸铁制成，一般不易变形，只可能安装时有细微位移，只要垫人适当纸片校正；年久木叶片扭翘变形较大，则无法修复，可选其中两片较完好的对称安装运行，否则全部换新叶片。

四、其他电风扇电动机的检修要点

其他电扇的电动机与台扇基本一样，只是为了适应某些使用功能而在外形、结构以及控制上有所改变。下面是对常用的其它电扇的结构和故障特点进行介绍。

1. 排风换气扇

它又称轴流式通风机，有用于厂房仓库和家居两种。前者结构只有电动机和风叶，是最简单的电扇品种，它主要采用电阻分相电动机，其故障修理可参考3—1节和3—2节；后者的体形和功率都较小，而且有单向排风和双向排风两种型式，机头采用电容运转的抽头调速电动机，一般附带控制开关，但没有台扇的摇头机构和限时装置。其故障检修可参考台扇电动机的修理内容。

2. 抽油烟机电动机

它是将厨灶的油烟从管道抽出排向室外的专用电扇，并兼有分离油烟气和烟气中油的沉淀贮存功能。它的电动机属专用型式，具有密封性好，能防油烟及水气的侵蚀。除主流的涡流式外，还有一种简易型式的轴流式电扇品种；另外还有单机抽风或双机抽风两种结构。此外，抽风扇电动机也有单速和双速两种，调速方法与台扇相同，即采用电容运转抽头调速。故障检修可参考台扇电动机修理。

3. 鸿运扇

它属于台扇的改型产品，但电动机不同于台扇，其外壳由薄钢板压制成型，是多种家用电器电动机的通用型式。

（1）鸿运扇的基本结构　鸿运扇又称箱式风扇或转叶扇，典型的座式结构如图6-12所示。它主要由塑料箱体、风叶、电动机、后罩、导风转叶、风扇电动机以及保护、控制开关等构成。鸿运扇没有摇头机构，代替的功能件是导风转叶（又称导风轮），它用工程塑料注塑成型，装置在风叶前面，并由一3W永磁式同步电动机用摩擦轮带动旋转，导风轮的叶片有垂直和偏斜两种装配结构。当风扇起动后，导风轮上的两种叶片便产生直吹和斜吹气流，而导风轮旋转后，此二气流便形成螺旋向前的柔和风力。

另外，还有一种圆形座式简易鸿运扇，它只用一台电扇调速电动机，导风转叶利用电扇的风力作用于斜向叶片而旋转，其转速由人工用手调节转页前面的螺旋离合盖的摩擦压力来达到。除此之外，鸿运扇的型式还有框架式、落地式、挂壁式等多种，以适应不同的使用场合需要。

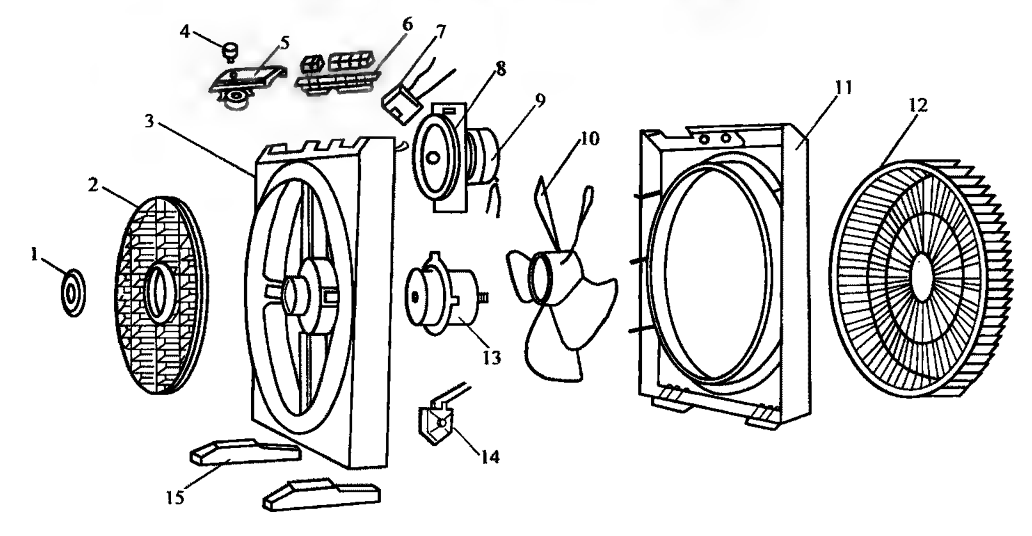


图 6-12 箱式鸿运扇的结构

1—紧固卡环 2—导风轮 3—箱体前壳 4—定时旋钮 5—定时器 6—琴键开关
7—电动机分相电容器 8—摩擦传动橡胶轮 9—永磁同步电动机 10—风叶
11—箱体后壳 12—后罩 13—风扇电动机 14—安全开关 15—脚座

(2) 鸿运扇的特点

1) 鸿运扇除电动机和特殊支架之外，采用全塑制作，故具有重量轻、体积小，使用移动方便等特点；

2) 扇叶采用 ABS 塑料具有尺寸稳定，耐热性好，表面硬度高，耐冲击力强等优点。而且还可进行金属电镀或喷涂、染色等美化处理；

3) 采用工程塑料注压成型工艺，可使造型独特，美观大方，而且成本低廉；

4) 鸿运扇虽不能达到三旋转送风，但能通过转叶获得近似于自然阵风的柔和风力。使之能适应不同人群的需要；

5) 鸿运扇的结构较简洁，没有台扇的尾箱等摇头机构，使之维护方便且故障较少。

(3) 鸿运扇的使用与维护

1) 起动与控制　鸿运扇多用琴键开关控制其开、停及挡位，并要求琴键有连锁功能，即不能同时按下两键，电扇起动时琴键必须轻快灵活；风扇不能有明显的抖动和噪声；

2) 运行与调挡　电扇起动后平稳过度到运转才能按下转页开关，所以，通常设计为连锁，故不得强行操作造成损坏。电扇起动宜用高速挡，运行时再调至所需的慢速挡位。

3) 定时的设定与操作　鸿运扇的定时开关是设定长时运转（ON)、限时运转和停止运转（OFF）三种状态。它采用旋钮开关，当旋钮在 ON 位时，风扇将不限时运转，

要停止时用手按下停止琴键；限时是 5～45min，是指所需的自动运转时间，顺时针方向设定时间后进入计时，旋钮也随之旋转，直至时限到达 OFF 位置即自动停转，并切断风扇电源。

4）使用维护　为了提高鸿运扇的安全性能，某些产品装有装置重锤式安全开关。当风扇倾倒时可自动切断电源，扶正后又能使电源自动接通，风扇重新运转。

鸿运扇若冬季长期停用时，要拆开尾罩、风叶及转叶清扫干净；并在电机前后轴承处添加一滴润滑油，然后装配完、覆盖好后存放。再次启用前也要在电扇电动机前后轴承加上润滑油才能运行。

（4）鸿运扇的常见故障与检修方法见表 6-6。

表 6-6　鸿运扇常见故障原因及处理方法

故障现象	原　因	处理方法
1. 不能起动	1. 琴键开关触点接触不良或脱落、烧断 2. 安全开关或定时器损坏 3. 风扇电动机损坏	1. 检修或更换开关 2. 更换安全开关或定时器 3. 按 3—1 节及 3—2 节对电动机进行检修
2. 运转时有振动现象	1. 风叶受外力碰击造成局部损坏 2. 风叶受热或其他原因造成变形 3. 电动机轴窜动过大 4. 电动机轴与轴承(套筒)的间隙过大	1. 更换新扇叶 2. 更换新扇叶 3. 检修电动机，调增垫圈 4. 检修电动机，更换新轴承
3. 运转时有噪声	1. 轴承磨损过度并严重缺油 2. 扇叶局部损坏或变形 3. 定、转子装配移位 4. 绕组绝缘物凸出造成刮碰响声	1. 重新更换新轴承 2. 更换新扇叶 3. 重新拆装并调整垫圈使定、转子对齐 4. 拆卸清除电机内凸出物
4. 风扇转速失控	1. 琴键开关接触不良或触片、弹簧片断裂、脱落 2. 电动机调速绕组断路 3. 检修后接线错误	1. 检修琴键开关或更换新开关 2. 按 3—1 节检修电动机 3. 参考 2—4 节核查接线
5. 定时器失灵	1. 定时器导电接触片接触不良 2. 定时器主轴磨损或机构损坏	1. 拆卸检修定时器 2. 更换定时器
6. 检修后反转	1. 主(或副)绕组极性调反 2. 主、副倒相(即电容器错接到主绕组上)	1. 将其中一相绕组的出线调反后连接 2. 将电容器正确接到副绕组回路
7. 带安全开关，电扇倾倒后不停转	1. 安全开关线路短接 2. 安全开关损坏或触头粘结	1. 检修线路排除短路故障 2. 检修或更换安全开关

（续）

故障现象	原　因	处理方法
8. 琴键开关按下风扇不转，用手拨动则可起动	1. 副绕组接头氧化或开断 2. 副绕组与电容器未接通 3. 电容器失效或短路	1. 拆卸检修电动机 2. 检查线路，找出开断点并清理干净后重新焊接 3. 更换新电容器
9. 导风轮（转叶）不转	1. 开关接触不良或损坏 2. 永磁电动机电源线脱落 3. 永磁电动机烧毁 4. 转叶摩擦离合旋盖调节不当	1. 更换开关 2. 检修重新焊接 3. 更换永磁电动机 4. 调松离合旋盖
10. 电动机发热	1. 电动机绝缘老化、受潮 2. 局部绕组有匝间短路 3. 电容器选用过大	1. 按3—1节检修电动机 2. 按3—1节检修或重绕电动机 3. 按说明书选用合适容量的电容器
11. 电动机运行时冒烟或有焦臭味	1. 电动机绕组有严重的匝间短路 2. 电动机绕组绝缘老化，并有局部对地击穿现象 3. 主、副绕组之间或每极线圈之间发生短路故障 4. 调速绕组与主、副绕组短路 5. 导线绝缘破损造成短路 6. 电容器选用过大致使副绕组发热而损坏绝缘 7. 电容器短路	1～4. 参考3—1节进行检修或重绕 5. 拆卸检查、找出故障点，进行包扎绝缘 6. 改用较小容量的电容器，或参考说明书选取电容器容量 7. 更换新的相同规格电容器

4. 冷风机及其使用维护

冷风机又称冷风扇，是一种简易型的空气降温器具，其性能介于常规空调和风扇之间。它是在风扇的基本功能上再加水气雾化，吸收机体内热空气的热量，并使其降温吹出，从而达到降温的目的。

（1）冷风机的特点

1）冷风机的空调作用优于风扇而不及常规空调器，但其结构简单而成本低，且耗电也远低于空调器；

2）风扇的作用是加速室内热风的流动来带走人体散发的热量；而冷风机是让热空气通过水的降温再吹出来，故其纳凉效果远优于电风扇；

3）冷风机在高温干燥环境使用效果最佳，它通过冷、热空气交换循环达到室内降温效果3～8°C之间，室内相对湿度越低效果越好，若相对湿度超过95%，则冷风机停止降温。

（2）冷风机的种类与基本结构　冷风机按结构特征主要分两类：

1）碎水式冷风机　它没有滤水层结构，其工作是利用风机吸入热空气的路径中将水的微粒带起，由引水风叶高速旋转，把水粒甩击到分水栅板，使水的微粒更加碎化成雾状，从而形成带有吸热能力的冷风从窗口吹出。它的基本结构由壳体、水箱、电动机、风机、出风窗口以及电控部分组成，如图6-13所示。其中风机由单相电动机带动，其功能有三：一是将室内热空气吸入机内；二是入水的空气把水粒带起，并在旋转风叶和水栅作用下将其雾化；三是将含雾化水的冷风吹出。这种冷风机的雾化过程没有通过滤层，所以也称无滤层冷风机。

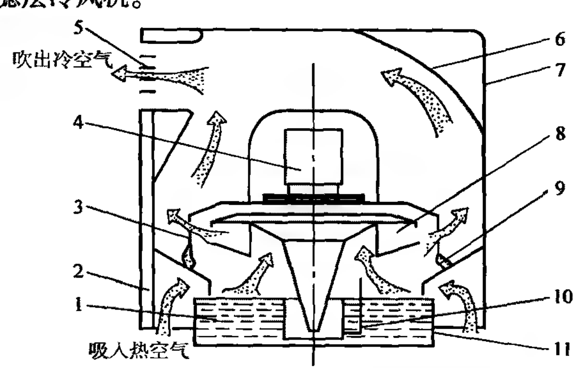


图6-13　碎水式冷风机结构原理图

1—清水　2—前壁　3—分水栅　4—电动机　5—出风窗口　6—导风板　7—壳体　8—引水风扇　9—皮封　10—水量调节器　11—水盆

碎水式冷风机的特点：

①没有滤层，结构简单，成本较低，而且免去滤层腐蚀造成的污染；

②雾化过程阻力较小，故使功率耗损也相对较小；

③虽然热空气与水有直接的接触，但雾化效果不够理想，从而影响降温效果。

2）滤层式冷风机　它是将进人的热空气通过浸湿的过滤层材料，使之冷空气吹出达到降温。过滤层湿水的方法有两种：一种是用水泵扬水淋湿；另一种是应用较广的滚轮输送带引水，如图6-14所示。它由机壳、鼓形扇叶、滤层引水带、水箱、电动机及传动机构等组成。使用前将清洁冷水注人水箱，过滤布带下端浸人水中，开机后湿滤布带随滚轮运转，而风扇将热空气吸入时先通过织物制成的空气滤网片，将灰尘、杂物滤隔于外，然后再经滤布加湿冷却后吹出窗外，达到降温目的。

滤层式冷风机的特点：

①滤层引水带的驱动和滤层对风阻的增加都要消耗动力，故其功耗大于无滤层冷风机；

②滤层不但增加制造成本，而使用后的清洗维护也提高了使用成本；

③热空气通过滤布时可能会因水的吸附不均而造成汽化过程不充分，从而降低降温效果；

④若室内湿度过大时，可关掉加湿功能，冷风机作风扇使用。

此外，其他型式还有负离子冷风机和冷暖风机等。它们是在冷风机基础上附加负离子发生器或电热板的冷风机组合型式。

（3）冷风机的使用维护

冷风机的结构简单，正确使用则故障不多，但正常维护非常重要。

1）冷风机的正常工作必须要用干净的水，除经常检查水量是否足够外，还要看水质是否干净，否则要更换清洁凉水；

2）经常检查进风口是否通畅，如过滤栅网上吸附有灰尘、杂物要及时清理干净，以免影响风量；

3）滤层式冷风机引水过滤带也容易积尘污染，宜隔1～2个月取下，用清洁剂洗刷一次，否则也会影响风量和降温效果；

4）冷风机使用日久，风轮叶片上也会积聚尘土，不但影响风量，也使电机额外增加功率，故宜每年清擦一次；

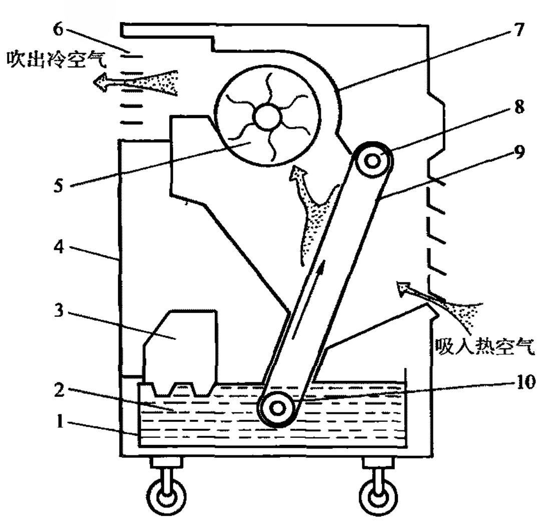


图6-14　滤层式冷风机结构原理图
1—水箱　2—清水　3—进水箱　4—箱体　5—排风扇
6—排风窗口　7—导风板　8—引水带上滚轮
9—滤层引水带　10—引水带下滚轮

5）电动机及传动机械使用二三年后要进行检修加油；

6）电动机发生故障应送专业部门检修，检修内容参考相应电动机修理；

7）每年冬季停用时水箱不得有积水，清理干净后还要无水运行数小时，使内部全部吹干后再封存。

第三节　洗衣机电动机的故障检修

家用洗衣机按结构功能大致可分波轮式、滚筒式及搅拌式三类。按自动化程度又可分为：单缸简易型、双缸半自动型、双缸全自动型、套缸全自动型及滚筒式全自动型。

目前，家用洗衣机已从初中级阶段步进到高级阶段，商场看到的几乎全是套缸或滚筒式全自动产品。它具有洗涤、漂洗和脱水等功能。使用者只要设定好程序，洗衣机便可自动完成进水、洗涤、反复漂洗、排水和甩干等全过程。另外，还可根据洗涤要求进行单项洗涤或单项甩干的运转工作。

洗衣机用电动机在老产品中曾有用罩极式电动机，但当今存世者罕，而目前则普遍采用电容运转电动机，它有洗涤专用和甩干专用两种；在高级洗衣机中也有采用双功能的双速电动机。

一、洗衣机工作与典型电路

简易型单缸洗衣机结构最简单，全自动洗衣机的电气、机械控制系统结构复杂，发生故障的几率也大，而且目前产品牌号很多，具体的电控线路千差万别，但其基本电路还是大致相同。例如，图6-15是双缸（双电动机）洗衣机的典型电路。它由一台电动机专作洗涤正、反转工作；另一台则专司脱水甩干。整个工作（喷淋和漂洗）程序由定时器加继电器或用微机系统控制。套缸全自动洗衣机只有一台电动机，其洗涤、喷淋漂洗、进排水、脱水等一系列整个工作程序，均由按定时器或微机自动完成，并由蜂鸣器指示洗衣的整个过程结束。套缸洗衣机典型的电路如图6-16所示。

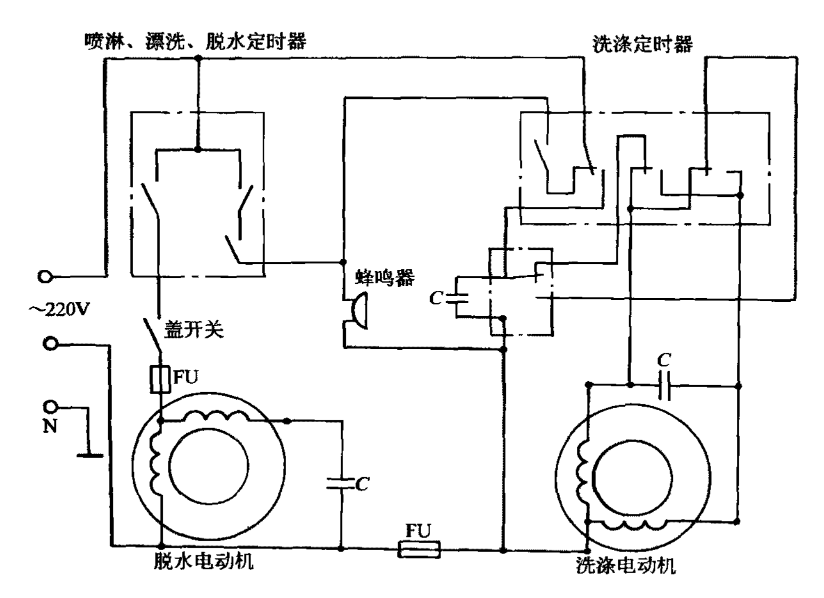


图6-15 双缸洗衣机（双电动机）典型电路

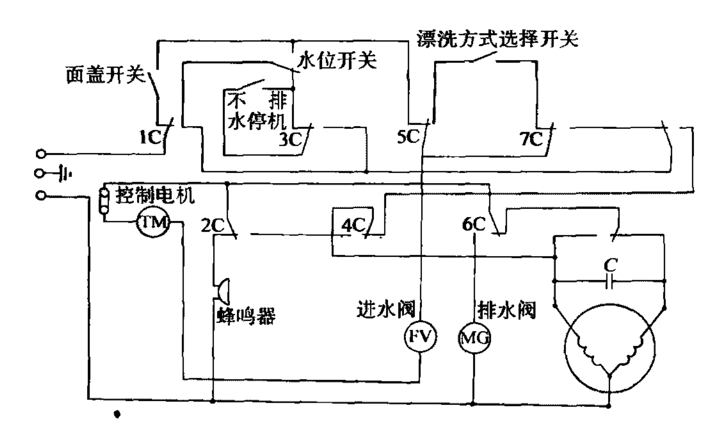


图6-16 套缸洗衣机典型电路

二、套缸式洗衣机电动机的拆装

1. 套缸式洗衣机的结构

套缸式是波轮式全自动的洗衣机，它有电动控制式和电脑控制式两种。其总体结构基本相同，均由箱体、套缸部分、传动系统、进排水系统、电动机以及程序控制部分组成，如图6-17所示。

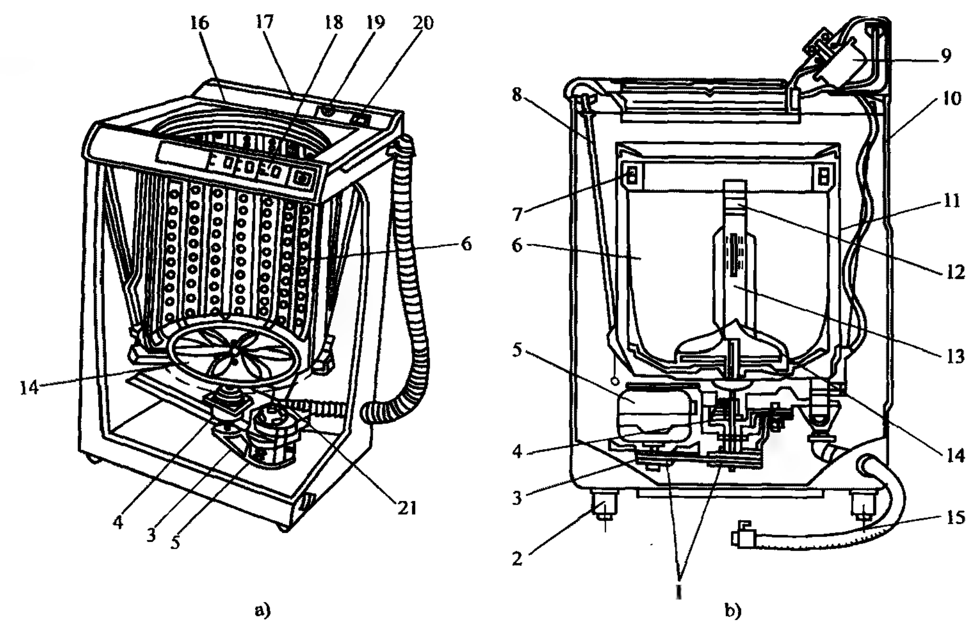


图6-17　波轮式全自动洗衣机结构图

a）电脑式　b）电动式

1—皮带轮　2—机脚　3—传动带　4—离合器　5—电动机　6—洗涤（脱水）桶　7—平衡圈　8—吊挂杆　9—电动程控器　10—洗衣机箱体　11—盛水桶　12—洗涤剂投放槽　13—线屑过滤器　14—波轮　15—排水管　16—安全开关位　17—注水阀装置位　18—电脑程控器　19—水位开关　20—电源开关　21—排水阀电磁铁

2. 套缸式洗衣机的拆装要点

洗衣机电动机和排水阀一般都固定在底盘下面。拆卸时可先用泡沫塑料填入洗衣桶与箱壁之间固定，然后把洗衣机放倒进行拆卸取出电动机。

拆卸电动机的步骤如下：

1）把固定在机箱上的导线束解开；

2）找出电动机接线柱，做好记号后将导线接头松开；

3）拧松电动机底脚螺钉，取下传动带；

4）卸下底脚螺钉，取出电动机；

5）卸开轴上锁紧螺帽，再拧松固定螺钉，将带轮退出轴端，即可拆卸电动机检修。

电动机检修后的装配顺序按拆卸时相反进行。为确保装配质量，应注意下列事项：

1）带轮上的固定螺钉必须对正电动机轴上的防滑孔，否则会产生滑动位移或松动；

2）安装电动机的固定螺钉不能用力过猛或过轻，以拧紧为度；

3）传动带的张力可用手压式，以下浮距离约10mm为宜，过紧易产生噪声或单边扭力而加速轴承磨损；过松则易产生滑动。

这种噪声不属电动机本身故障，多数属箱体结构问题，也不属故障性质。

三、滚筒式洗衣机结构特点

滚筒式洗衣机有前装式和上装式两种，均属全自动型式。目前主导产品是前装式，它由电动机、传动系统、洗涤部分、支承部分、进排水系统以及电气控制系统等主要部分组成。图6-18是前装式的全自动滚筒洗衣机的结构图，典型的品牌有小天鹅XQB30—8型和海尔XQB—45—A型等。它不同于一般洗衣机从上面揭盖装入衣物，而是在正前方打开圆形窗口将衣物投入卧置的滚筒，由电动机用传动带带动滚筒正反转工作。电动机是双绕组，通常采用16/2极（也有12/2极）双速，洗涤时用低速，甩干用高速。整个洗涤过程由微电脑或电动式按设定程序自动控制。

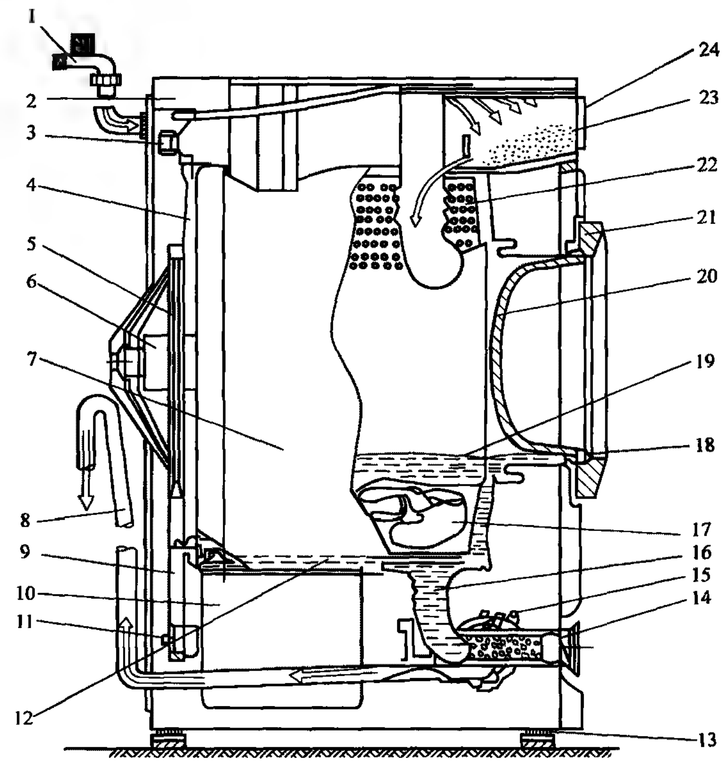


图6-18　前装式全自动滚筒洗衣机结构图

1—自来水龙头　2—外箱体　3—进水电磁阀　4—外筒Y形支架　5—大带轮　6—轴承支座与转轴　7—盛水外筒　8—外排水管　9—传动带　10—双速电动机　11—小皮带轮　12—管状加热器　13—底脚调节螺钉　14—过滤器　15—排水泵　16—排水连接管　17—洗涤衣物　18—异形密封圈　19—洗涤液　20—透明玻璃视孔　21—圆形窗框　22—洗涤桶（内筒）　23—洗涤剂盒　24—操作面板

四、洗衣机常见故障及处理方法

虽然洗衣机的基本电路大致相同，但洗衣机品牌繁多，其具体的控制线路有极大的区别，特别是全自动控制部分十分复杂，发生故障后通常要根据说明书或从有关资料中找出相应的电路图进行分析检查，并运用电工常规的电压、电流、电阻的检测来找出故障点；对某些触点类元件，还可以用短路法作出故障判断；而对于用常规方法不能确认故障的元器件，则可用一个相同规格的完好备件来替换它，从而准确地找出故障所在。然而，毕竟洗衣机的种类、品牌很多，控制系统的故障已超出本书范围，请参考其他专述。洗衣机电动机常见故障及处理方法见表6-7。

表6-7　洗衣机电机常见故障及处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	程序设定后接通电源而电动机不工作	1. 电源断路 2. 电动机公共点开断 3. 定时器接触不良或断路 4. 电动机严重损毁	1. 检查电源及插座是否有电；插头、开关、熔丝及导线有否开断 2. 参考3—1节检修电动机 3. 检修触点或更换定时器 4. 重绕电动机
2	接通电源后电动机有“嗡嗡”声但不能起动	1. 主、副绕组中有一相断路 2. 绕组有局部短路 3. 电机轴承严重磨损，或轴弯等造成转子拖底 4. 电压过低而负载过重 5. 传动系统卡死或损坏 6. 电动机起动转矩太小 7. 电容器损坏（失效、开断、短路）	1. 参考3—1节检修电动机 2. 同上 3. 查清并排除机械故障 4. 减少洗涤衣物 5. 检修传动系统 6. 提高性能重绕电动机或减少洗涤衣物 7. 更换同规格电容器
3	洗衣机工作转速慢	1. 重绕电动机后有个别线圈反接 2. 绕组有局部短路故障 3. 电动机转子有断条 4. 电容器失效 5. 衣物过多或缠绕波轮 6. 传动带过松打滑 7. 电源电压过低	1. 参考3—1节检修电动机 2. 同上 3. 检修或更换转子 4. 更换同规格新电容器 5. 减少衣物或去除缠绕衣物 6. 调紧或更换传动带 7. 加装稳压器或减少衣物
4	洗衣机滚筒或波轮不能反转	1. 正反转控制器触点损坏或掉线 2. 电容器规格不符 3. 套缸洗衣机离合器扭簧断裂 4. 定时器局部损坏 5. 电动机外线路有断点	1. 更换或检修控制器 2. 按说明书更换电容器 3. 更换扭簧 4. 更换或修复定时器 5. 检查修复线路

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
5	电动机运行时振动噪声大	1. 电动机轴承磨损过量；严重缺油 2. 端盖或机座螺钉松脱 3. 转子动平衡不合格 4. 转子有局部拖底现象 5. 电机装配质量不良，或同心度差，或轴窜过大 6. 电机定子槽楔或绝缘纸凸出碰到转子或风叶	1. 更换轴承或检修加油 2. 检查并将其拧紧 3. 校正转子静、动平衡 4. 找出原因并予排除 5. 重新装配电机调整同心度，或调整转子轴窜 6. 卸开电动机将凸出部分整理平整
6	电动机运行中电磁噪声大	1. 气隙不均匀 2. 转子有笼条断裂 3. 绕组有局部接地或短路故障 4. 绕组可能有个别反接线圈	1. 检查轴承、轴承座是否磨损偏心，转子是否偏心，并校正修复 2. 检修或更换转子 3. 参考3—1节检修绕组 4. 检查修复绕组
7	电动机不通电时转子能自由转动，通电后被吸住并有强烈嗡声	1. 轴承或轴承座严重磨损造成转子局部拖底 2. 含油轴承压罩螺钉松脱或弹簧压爪断裂造成拖底 3. 电机端盖螺钉松动造成拖底	1. 更换轴承或修复轴承座 2. 检查并拧紧螺钉或更换弹簧压爪 3. 检查并拧紧螺钉时注意调整使气隙均匀
8	洗衣机洗涤时机械碰擦声响过大	1. 洗衣机放置不平，机身不稳 2. 洗衣机后盖板螺钉松动 3. 洗衣机箱体粘贴的减振垫脱落 4. 电动机机械部分严重损坏 5. 防振弹簧调整不平衡	1. 调整洗衣机支脚的螺钉使之着地平稳 2. 检查并拧紧螺钉 3. 按原位重新粘好减振垫 4. 检查修复电动机故障部位 5. 将螺母调整平衡
9	脱水工作时运行有异常噪声	1. 脱水电动机减振弹簧支承座受力不平衡 2. 减振弹簧断裂 3. 脱水电动机轴与制动鼓松动 4. 制动鼓变形或间隙过小 5. 脱水衣物过量又分布不均匀	1. 调整平衡 2. 更换新弹簧 3. 拧紧防松螺钉 4. 更换制动鼓或调整间隙 5. 减少衣物量、重新将衣物向桶沿分布均匀
10	电动机起动时冒烟	1. 电源线破损碰接金属体 2. 绕组有较严重的短路或接地故障 3. 重绕时绕组接错	1. 停电检修，包扎破损绝缘导线 2. 参考3—1节检修定子绕组 3. 检查绕组接线，纠正错误

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
11	电动机运行温升过高	1. 绕组潮湿引起相间或对地泄漏电流过大 2. 电机轴承严重缺油或损坏 3. 转子断条过多，满载运行 4. 电源电压过高或过低 5. 电动机过载，长时间运行	1. 烘干电机绕组 2. 更换轴承或清洗加油 3. 更换相同规格转子 4. 加装电源稳压器 5. 减少衣物并按说明书规定时间运行
12	电动机运转过程中突然自行停转	1. 电动机引线或电路接点有接触不良或松脱点 2. 熔断器烧断 3. 电动机各种保护装置跳闸 4. 电机绕组烧毁	1. 检查线路各接点并修复良好 2. 找出过流原因，排除后重装熔断丝 3. 找出原因并排除 4. 电动机重绕修复
13	洗衣机工作中散发异味	1. 传动带过紧或过松打滑 2. 两带轮偏离中心线，运转时因皮带摩擦发热而发出胶臭味 3. 波轮被衣物缠绕卡堵，电动机半堵转运行，温升过高 4. 刹车块调节过紧，导致脱水电动机处于“超载”（堵转）运行，温升过高	1. 松开电动机地脚螺钉进行适度调整后紧固地脚螺钉 2. 调整传动带槽中心线重合 3. 卸下波轮取出缠绕物 4. 调整刹车拉杆与刹车挂板孔的位置，使刹车块与刹车鼓之间保持合适的间隙
14	电动机外壳带电	1. 地线接触不良或开断 2. 三级插头或插座接线错误 3. 电动机绕组严重受潮 4. 机内导线裸露并与箱体或电机金属部分碰触 5. 电器元件浸水受潮 6. 电机绕组绝缘老化后吸潮，引起泄漏电流增加 7. 电机绕组一点接地故障 8. 单相电动机电容器击穿 9. 电机绕组无故障，主副绕组对机壳电容不能抵消，致使箱壳带电	1. 检查地线使其接地牢固可靠 2. 重新正确接线，即 L 接相线，N 接零线，⏚接地线 3. 对电动机绕组进行烘干处理 4. 停电查出导线的裸露点并包扎绝缘 5. 停电修好漏水点后擦干电器元件的水，再用吹风筒吹干 6. 重绕电动机绕组 7. 参考 3—1 节检修绕组 8. 更换同规格电容器 9. 将进入电动机电源的相线和零线对调接入可消除

第四节　电冰箱与空调器用电动机的检修

一、电冰箱电动机的检修

（一）电冰箱电动机系统的基本电路和检修特点

电冰箱的心脏是压缩机，而电动机与压缩机是连体设计，装在薄板压制的金属机壳内，机壳由壳体和上盖组成，而电动机则用三个弹簧吊装在壳体内；上盖与壳体焊接构成封闭式的电动机-压缩机组，如图6-19所示。电动机引出线连接到接线板的三个端子。

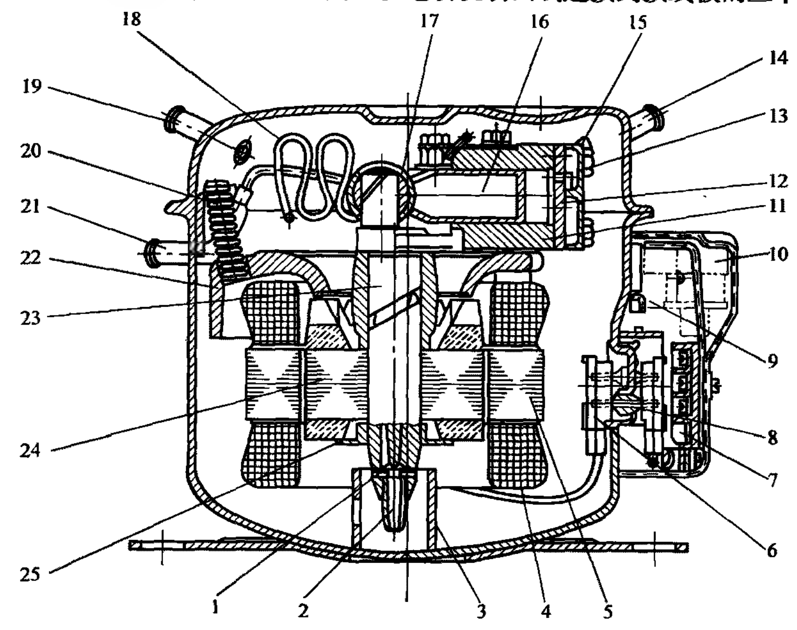


图6-19　电冰箱的电动机-压缩机组结构图

1—放气管　2—进油管　3—避振管　4—定子绕组　5—定子铁心　6—电动机出线插头　7—接线板　8—接线柱　9—电动机保护装置　10—起动器　11—压缩机气缸　12—吸气阀　13—排气阀　14—充气连接管　15—气缸盖　16—活塞　17—滑块　18—内部排气管　19—吸气连接管　20—支撑弹簧　21—排气连接管　22—曲轴箱　23—曲轴　24—转子铁心　25—垫座

压缩机组的电动机主要采用电阻分相起动型，但亦有部分电容分相起动型及双电容起动运转的单相电动机。电冰箱电动机与电气控制系统比较复杂，而且品牌很多各不相同，但其基本电路如图6-20所示。

（二）电动机-压缩机组的拆卸

电冰箱的电动机-压缩机组是一个封闭整体，开封揭盖之后要先观察检查，做出检修方案，避免盲目乱拆，而且对某些关键部位做好标记或记录原来装配位置尺寸。拆卸时可参考如下步骤：

1. 机壳开启

机组一旦发生故障，必定要割开外壳才能检修，因此，开启前必须认真复查，确切查实

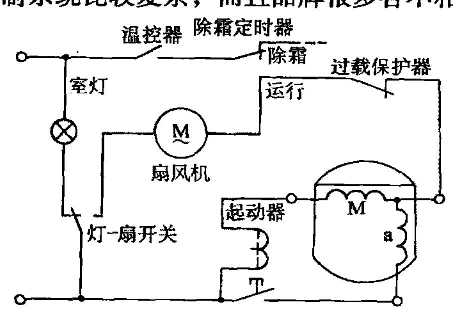


图6-20　电冰箱电动机与电气控制系统基本电路

是机组故障才予开启。开启前先切断外接的充气管，排净制冷剂后封住管口，防止杂物进入。然后取下整机，倒出润滑油并记录油量，准备工作完成。

开启主要是钳工工作，先用锉刀将上、下壳焊接口锉平整，再用钢锯沿圆周接缝锯开。当然，如条件允许，也可用车床将焊口车去，即可打开上盖。

2. 拆卸支撑弹簧

弹簧挂钩用铆压点固定，拆卸时可用冲子冲开，用尖嘴钳将其摘除，使之与机壳脱离。

3. 取出机组

先将高压缓冲管的固定螺钉和卡子卸开，把管弯向机壳外侧，再把电动机出线的插头拔出，便可从上提出机组。

4. 卸下气缸阀座与阀片

先卸下气缸盖的4个螺钉取下气缸盖，并把阀座及垫片取出；再卸下定位销即可取出阀片。

5. 拆卸电动机定子

拧下电动机定子的4个固定螺钉，便可把电动机定子取出。

6. 退出电动机转子

必须说明，转子的退出将影响铁心与（曲）轴的公差配合精度。如非必要，应尽量避免退出转子。若要退出则先将固定气缸体的4个螺钉松开，取下气缸体，然后用小锤轻敲曲轴下端的吸油嘴，使其脱出。再用一段套管在曲轴上端头连同平衡块，一起套入顶住转子铁心，曲轴下端头垫上木板，把带转子的曲轴夹在台钳上，钳口一侧贴住套在曲轴上的套管端头，另一侧压住垫有木板的曲轴另一头，转动台钳手柄，利用钳口收紧加压将电动机转子顶出来。

定转子拆出后仔细检查，绕组故障可参考3—1节检修，若损坏严重或绝缘老化，则需重绕修理。其他各部件或清洗或更换，但装配前要进行干燥处理。装配程序与拆卸相反。

（三）家用电冰箱的常见故障

家用电冰箱属一个综合工作系统。主要由制冷、电气控制两系统作功，压缩机与电动机乃关键作功部件，它们之间既相互联系，又互为因果。因此，电冰箱一旦发生故障，往往会出现一些复合故障，其原因是多方面的，在检修时应全面考虑，分析故障现象和原因，正确区别系统故障或部件故障。压缩机或电动机故障的几率较大，但是系统故障也往往直接或间接导致此两部件的不正常运行，所以要作出正确判断。

正因为如此，电冰箱除机组电动机故障外，更多的还是制冷系统和电控系统故障。它虽不属电动机本身，但在同一现象中又很难分开，所以表6-8所列就包括与电动机关联因素的其他故障原因及处理方法。

二、家用空调器电动机的检修

（一）家用空调器的结构特点

家用空调器是一种调节室内温度、湿度，给人创造舒适的工作和生活环境的电器。

现代空调技术虽然历史不长，但随着科技的发展，目前已普及到家庭。

表 6-8 家用电冰箱电动机和电气控制、制冷系统的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	通电后电动机不起动，且无响声	1. 电源熔丝烧断 2. 电源插头接触不良 3. 电源电压偏低 4. 电动机绕组烧坏 5. 电动机绕组或引线断路 6. 温度继电器断开或在“停点”上 7. 热继电器没有复位或热元件断路 8. 误操作按下化霜按钮 9. 温控器感温腔或感温管漏气 10. 电动机起动电容器断开	1. 查明原因后更换熔丝 2. 检查接线或换用新插头 3. 增设电源稳压器，稳定在 190～230V 4. 重绕电动机绕组或更换新压缩机组 5. 检查引线接好断开点 6. 检查继电器回路或改在相应位置 7. 复位或检查排除断路故障 8. 复位化霜钮或待化霜完毕后自起动 9. 补焊充气或换新配件 10. 检查确认后更换电容器
2	通电后电动机有响声但不能起动	1. 电动机绕组有短路 2. 电源电压过低 3. 漏电造成电压降过低 4. 压缩机缺油“卡死”或有故障 5. 继电器工作失灵或弹簧片不好	1. 重绕绕组或更换压缩机组 2. 加装调压器升至 220V 3. 检查漏电原因排除故障 4. 检修压缩机或换新机组 5. 调整检修继电器或更换簧片
3	电动机起动频繁	1. 电源电压过高或过低 2. 温控器调节不当 3. 严重漏冷 4. 冰箱保温层隔热性能差 5. 过热保护的热元件失灵或失效 6. 起动或过载保护继电器与电动机不匹配 7. 起动触点接触不良或粘结 8. 温控器自控触点接触不良 9. 温度继电器感温包位置不当 10. 制冷系统故障引起电动机过载 11. 电动机绕组有轻微短路故障	1. 增设稳压器 2. 重新调节到适当位置 3. 修补门缝隙或更换新磁性门封条 4. 更换良好保温层材料 5. 调整双金属片与热元件位置或换新配件 6. 调整或更换匹配的继电器 7. 检修或更换新触点 8. 检修或更换新触点 9. 调整紧贴在蒸发器出口处 10. 检查排除制冷系统故障 11. 排除短路故障或重绕绕组
4	电动机运转时间过长或运转不停	1. 温控旋钮调节不当 2. 温控器感温管移位或松动 3. 温控器触点粘结 4. 蒸发器上冰霜太厚 5. 箱内贮存物过多，冷气对流困难 6. 环境温度过高	1. 从“不停”或“急冷”位置调到适当位置 2. 感温管尾部移至蒸发器上夹持固定 3. 温控器旋钮从“停”到“最冷”挡位反复旋转几次可恢复正常，否则检修更换新配件 4. 清除冰霜 5. 减少贮存物，疏通对流通道 6. 冰箱移到荫凉处

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
4	电动机运转时间过长或运转不停	7. 门封泄漏严重或开门次数时间太多 8. 制冷系统有堵塞 9. 压缩机内零件破损 10. 制冷剂过多或过少、泄漏 11. 箱体保温层材料性能差 12. 间冷式冰箱风冷电扇不转	7. 检修更换门封条或减少开门次数与时间 8. 检查排除管路堵塞点 9. 拆卸压缩机组检查更换新配件 10. 检查调整或修复 11. 更换新材料 12. 检修或更换风冷电动机
5	电动机起动、运行中突然停转	1. 电源电压升高超过240V 2. 压缩机组工作环境过高 3. 过载热保护继电器失灵 4. 起动继电器触点粘结 5. 电动机线路接地或短路 6. 电动机绕组有短路 7. 压缩机有机械故障	1. 增设电源稳压器 2. 改善环境散热条件 3. 检修调整或更换继电器 4. 修理或更换新触点 5. 检查排除故障点 6. 排除故障或重绕更换新机组 7. 检修或更换新机组
6	电动机及箱体漏电	1. 电动机绕组绝缘损坏 2. 温控器绝缘损坏或性能降低 3. 电气控制线路分布电容过大 4. 电气控制线路有绝缘破损	1. 检修、重绕或更换压缩机组 2. 更换温控器 3. 箱体妥善接地 4. 检查故障点加强绝缘

空调器的种类很多，大类可分中央空调机和家用空调器。家用型式又可分窗式、柜式和分体式空调器。但其降温原理与电冰箱类似，而且制冷设备与冰箱基本相同，都是由电动机压缩机组对制冷剂压缩，使之从气态到液态的反复逆变循环获得制冷；不同的是它比冰箱多了一套电动风扇机组，使空调机体内空气对外强迫对流换热，并通过热交换达到冷却（或加热）室内空气的目的。空调器典型的窗式空调主要结构如图 2-61 所示。它由制冷系统、通风大循环系统和电气控制系统三部分组成。窗式空调器电动机的控制基本电路如图 6-21 所示。

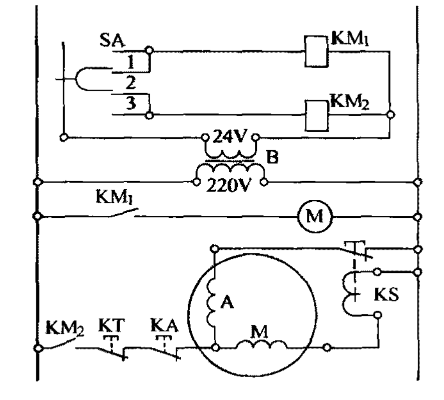


图 6-21　窗式空调器电动机控制基本电路

SA—控制开关　KM—继电器　M—风扇电动机

KT—温度继电器　KA—电流继电器

KS—起动继电器

（二）家用空调器的电动机

1. 压缩机组电动机

它采用单相起动型电动机，主要用电容

分相，也有个别型号是电阻分相的。电动机与压缩机是连体设计的全封闭结构，是制冷系统最关键部件，它的拆卸耗费工时而且难度极大，如果不能确认故障所在，一般不宜拆卸检修。但空调压缩机组与电冰箱通用，拆卸时可参考电冰箱压缩机检修内容。

2. 风扇电动机

空调风扇电动机采用单相电容运转电动机，在窗式空调中，它由一台抽头调速电动机带动，它的转子两端头出轴，一侧装轴流式扇叶，将制冷冷凝器热交换所产生的热量排出室外；另一侧是离心式风叶，它把吸入室内的空气送往蒸发器进行热交换，使其冷却降温和除湿后由前面的百页窗吹入室内，以达到降温去湿的目的。另外还有一种热泵型窗式冷暖空调，它是通过一个四通换向电磁阀，改变机内气流路径，使原来制冷时的蒸发器与冷凝器作用互换，从而将热交换中的热量排入室内，用以冬天取暖。

分体式空调也分冷风型和冷暖型。所谓分体式是把制冷冷凝器和压缩机组作为室外机组置于室外，从而降低室内噪声，并使热交换在室外进行，以提高制冷效率；室内机组主要是制冷蒸发器。为了强迫对流，两机组都各自有一台风扇，通常是室外机用单速电动机，而室内用调速电动机。

分体式空调还派生出一拖二分体的型式，它是以一台室外机组拖动两台室内机组，这样它就有两台调速电动机风扇工作。此外，某些一拖二分体的冷暖型空调器还用两台压缩机组，即一部空调用五台电动机。

风扇电动机有铁壳、铝壳和塑封三种结构，其中金属壳最常见。塑封是用热固性绝缘塑料或环氧树脂把绕组连铁心一起封装注塑成定子壳体形状，再与转子和两端盖配装构成电动机整体。塑封与金属壳结构的相对特点是：

（1）金属外壳定子的绕组容易受环境影响，而塑封定子密封性好，既可免除潮气入侵，又有较强的耐腐能力；

（2）定子绕组与塑封混然一体，加速了绕组热量的散发，故其过载能力也稍好于金属外壳；

（3）定子绕组、铁心注成整体能有效地抑制电磁噪声的强度；

（4）用塑料不但可减轻整机重量，而且也节约了金属消耗，故其制造成本略低于金属壳结构；

（5）塑封定子简化了结构，其装配工效也高于金属壳定子；

（6）金属壳定子便于检修，而塑封定子属一次性产品，即使出现轻微缺陷也无法检修，只能弃之，故其修理成本远高于金属壳定子。

所以目前仍较多采用金属壳定子的电动机。

在空调修理中，风扇电动机的损坏几率还是高于压缩机电动机。电动机有部分用单速机，但更多采用抽头调速电动机，常用的电机绕组布接线图可见2—5节；电动机绕组故障检修参考3—1节。此外，在某些高级空调中，还有使用一些微小容量的特殊电动机，这些电机一旦损坏就没有修复的价值，必须作为配件更换。

（三）空调器电动机常见故障

家用空调器故障范围较广，主要包括电控方面、电动机方面以及机械结构方面的故障。但因内容所限，这里仅就与电动机关连的故障及其原因、处理方法列于表6-9，以供空调电动机检修时参考。

表6-9　家用空调器电动机常见故障

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	压缩机和风机都不能起动	1. 电源失电 2. 电压过低,超过规定的198～242V的范围,致使起动时跳闸 3. 线路或开关有断点或损坏	1. 检查电源前端是否有电,熔丝、插座、插头等是否有断点并修复 2. 加装电源稳压器 3. 检查线路及开关再恢复良好接触
2	空调运转正常,但起动—停机过于频繁	1. 温控器的感温包位置偏移并靠向蒸发器 2. 过载保护失灵 3. 电源电压低且不稳定	1. 调整校正感温包的安装正确位置 2. 更换双金属片或整体更换保护器 3. 加装电源稳压器
3	室内风机运转正常但压缩机不工作	1. 压缩电动机保护器跳闸 2. 电源电压过低,起动跳闸 3. 制冷剂压力异常引起压力继电器起跳 4. 压缩机组电源插座接触不良 5. 运转开关接触不良 6. 压缩机组电动机电容器失效或短路 7. 机组电动机起动继电器线圈烧坏或断路 8. 机组线路有断点 9. 控温器损坏 10. 机组电动机过载保护未复位或损坏 11. 压缩机有机械故障 12. 起动频繁造成制冷管路压力差过大造成电动机无法起动 13. 机组电动机绕组开断或短路	1. 保护器失灵则更换,若电动机电流过载则确认后拆修机组 2. 外电源缺相则修复电源,电源正常但电压不足则加装稳压器 3. 检查剂量并调整正常 4. 机组开封检修 5. 检修或更换新开关 6. 更换同规格电容器 7. 检查确认后更换继电器线圈 8. 按电路图分段检查并排除故障点 9. 更换控温器 10. 检查过载原因并排除后再试,若损坏则更换新件 11. 确认后开封修复或更换机组 12. 停机20min再试起动 13. 确认后更换机组或开封重绕电动机绕组

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
4	机组起动后自动停机	1. 电压过低致使跳闸 2. 机组电动机电容器起动后击穿 3. 压缩机有机械故障 4. 制冷系统混入空气 5. 制冷剂充量过多 6. 室外温度过高、冷凝压力升高致使电动机过载	1. 加装电源稳压器 2. 检查确认后更换新电容器 3. 确认后开封检修压缩机 4. 排出制冷剂，按规程重新灌注合格制冷剂 5. 排出适量制冷剂 6. 将开关调节到低冷档
5	机组和风机都运转但无冷风感且风量小	1. 制冷剂泄漏 2. 温控器的感温包泄漏 3. 温控器位置偏移 4. 压缩机阀片损坏漏气 5. 制冷系统的毛细管堵塞 6. 干燥过滤器堵塞 7. 四通阀的冷/热开关损坏	1. 修补泄漏点并补充制冷剂 2. 修补故障点或更换感温包 3. 检查并调整复位 4. 确认后开封检修压缩机 5. 检修或更换毛细管 6. 停机检修清扫干净 7. 检修或更换开关
6	机组运转但风机不转	1. 控制开关接触不良或损坏 2. 风扇电动机电容器失效或短路 3. 风扇电动机绕组故障 4. 轴承严重缺油后“烧死” 5. 电动机轴窜过小，运行温度升高后因热胀伸长而“扎死”转子	1. 检修或更换控制开关 2. 更换电容器 3. 检查确认后更换电动机或重绕定子绕组 4. 检查更换轴承 5. 拆卸电动机调整垫圈
7	空调器发出撞击声	1. 风扇电动机机座固定螺钉松脱 2. 风机叶片紧固定位螺钉松脱 3. 用带传动的风机皮带轮松动 4. 风机传动皮带过松 5. 压缩机组有严重机械故障	1. 检查并拧紧松动的螺钉 2. 检查并拧紧松动的螺钉 3. 检查原因排除故障 4. 调整皮带到适当紧度 5. 更换机组
8	风机振动及噪声杂音	1. 轴承磨损过大、缺油 2. 风叶与轴之间松动 3. 风叶变形与机壳碰触 4. 风机电动机座固定螺钉有少许松动 5. 风叶积尘造成不平衡 6. 风机电动机轴承公差偏大且窜轴过大	1. 加润滑油或更换磨损过大的轴承 2. 检修加工使之符合配合公差 3. 拆修整形 4. 检查并拧紧螺钉 5. 停机清除干净 6. 检修轴承调整窜轴

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
9	空调器金属件有麻电感觉	1. 压缩电动机绕组接地 2. 风机电动机有绕组接地故障 3. 电源(插头、插座)的接地线开断 4. 压缩机组起动继电器线圈接地或绝缘过低 5. 温度保护继电器漏电 6. 导线绝缘破损并短路 7. 扇风电动机对地泄漏电流过大	1. 确认后开封检修或更换机组 2. 检修或重绕电动机 3. 查出开断点并连接牢靠 4. 重绕或更换线圈 5. 加强绝缘或更换继电器 6. 检查短路点并包扎绝缘 7. 更换电容器

第七章　小家电和电动工具用换向器电动机的修理

换向器式电动机主要指单相串励电动机及交直流两用电动机。它的最大特点是转速高、体积小、重量轻，而且具有单相感应电动机无法相比的高起动转矩和良好的过载能力。所以，在某些要求强起动的电动器具中被广泛采用。

第一节　家用吸尘器电动机的修理

吸尘器是代替人工从繁重家务劳动中解放出来的电动清扫居室的家用工具，它的适应面极广，如清洁地面、地毯，天花板、墙壁、门窗、沙发以及高级织物服装等。使用吸尘器不但十分干净省力，而且清扫效率高，所以是家务劳动的好帮手。

一、吸尘器的型式与结构

家用吸尘器的种类很多，若按结构特点可分为落地式吸尘器、便携式吸尘器、推杆式吸尘器以及微型专用吸尘器等。虽然型式很多，但工作原理大致相同，都是利用电动机带动叶轮高速运转，使吸入的空气以极高的速度排出机体之外，从而形成内部瞬间的真空，使吸尘器体内比外界具有相当高的负压，吸口处急速吸入空气，进而将外界的尘埃与杂物碎屑随空气带入吸尘器内，再经滤尘器的过滤，把尘埃、杂碎留在集尘室，而过滤后的空气排出机外，从而达到吸尘集尘的目的。

吸尘器的基本结构主要由电动机、风机、过滤器、集尘室、消音装置、吸尘嘴以及附带的卷线机构等部件构成。图 7-1 是家庭中应用较普遍的卧式吸尘器结构原理示意图。

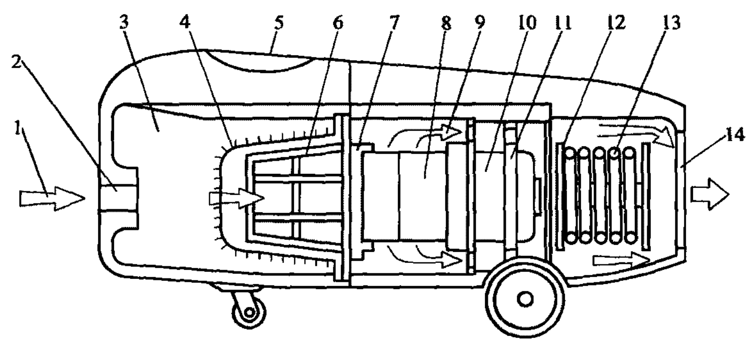


图 7-1　卧式吸尘器结构原理示意图

1—混尘空气的进人　2—吸嘴接口　3—集尘室　4—纤维滤尘器　5—集尘指示窗　6—滤尘器支架　7—风机防振圈　8—离心式风机　9—隔尘后的空气　10—电动机　11—电机防振圈　12—电源线滚筒　13—电源电缆线　14—排气口

它的电动机轴线平行于地面，过滤器、风机等也沿此顺序装置，前后壳体从中段分开。为了适应不同场合的使用方便，吸尘器通常附带加长接管和各种形式的吸嘴。

二、吸尘器电动机调速电路

考虑到清洁效果和操作安全，吸尘器在不同场合工作需进行相应的吸力调整，而吸力的大小与电动机转速有关，即转速低吸力就小；反之，转速越高则吸力越大。所以，改变电动机转速便可调节吸尘器的工作吸力。

改变单相串励电动机转速的方法主要有：

1）改变电动机工作电流　最简单的办法是在电动机回路中串联电阻，用调节电阻以改变电流来控制电动机转速；

2）改变定子磁场的磁通量　通常是改变磁场励磁电流控制励磁的强弱来达到调速的目的；

3）改变电源电压以改变电动机转速。

吸尘器主要采用第3种方法。它是采用晶闸管来调节电源电压，从而达到改变电动机转速来控制吸尘吸力的。图7-2是吸尘器调速的典型电路。它利用双向晶闸管3CTS，通过调节电位器W的阻值和电容器C_2的分压来改变晶闸管导通控制角，进而改变电动机端电压，达到无级调速。

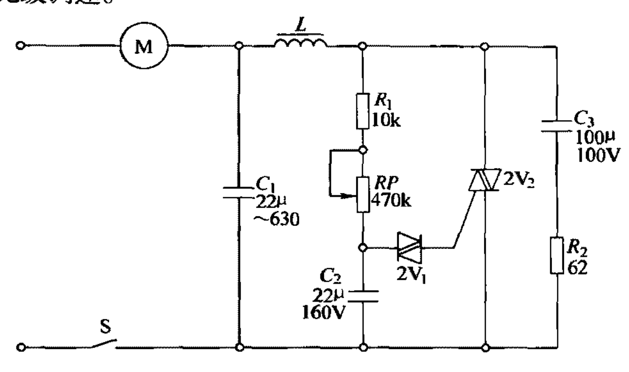


图7-2　吸尘器晶闸管无级调速典型电路

三、吸尘器电动机的修理特点

1. 吸尘器电动机绕组

吸尘器采用单相串励电动机作动力，常用结构如图7-3所示。

（1）定子绕组　吸尘器电动机是二极定子，显极接线，即两只励磁线圈是反极性串联。它与电枢绕组的接线如图7-4所示。励磁线圈的极性检查可参照图5-10检验。励磁绕组是根据电源电压、电机功率和工作转速设计的，故重绕修理必须按原来匝数及线径绕制。

（2）电枢绕组　吸尘器的电枢转子有9、10、12、22个槽几种规格。绕组采用单叠型式，绕组如需重绕，可参考5-4节介绍的工艺进行，但重绕要依原始数据实施。所以，电机拆线时要参照表5-2做好原始记录，而且还要准确画出1号、2号槽与接入换

向器确切的位置。图 7-5 就是修理某吸尘器电动机拆线时记录的电枢绕组接线图。它包括如下内容：

1）测量并记录转子装配类型

A 类：槽中心线与云母片（中心线）重合；

B 类：槽中心线与换向片中心线重合。

本图绕组转子装配为 A 类。

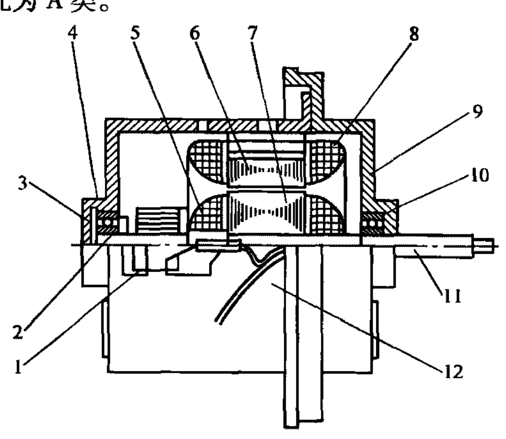


图 7-3 家用吸尘器用电动机结构

1—电刷架结构 2—平衡环 3—波形弹性垫圈 4—橡皮垫圈 5—电枢绕组
6—定子铁心 7—转子铁心 8—励磁线圈 9—端盖 10—轴承
11—转子轴 12—外壳

WE_1
WA
WE_2

图 7-4 单相串励电动机接线图

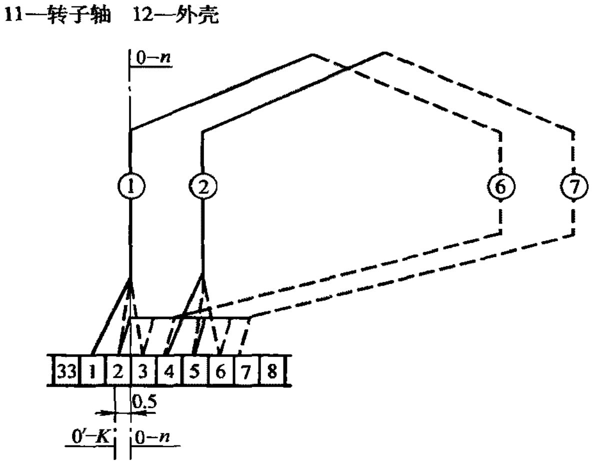


图 7-5 单相串励电枢绕组接线展开图示例

2）画出相邻两槽及元件接入换向片的接线图，并标注前后相继的换向片号；

3）图中画出槽中心线（0—n）和该槽接入换向片的 n 片中心线（0′—K），如图所示；

4）图中标注以槽中心线为基准的接线偏移量，如本例是向左偏移0.5片。

电枢绕组重绕必须严格按原始记录修复，否则有可能在重绕后发生强烈火花，甚至烧坏换向器。对于失去原始记录的重绕，则试参考5-4节之“四”项内容确定接线位置，试车时再移动刷架调整，使之换向火花最小。

2. 电枢的浸漆

吸尘器电动机的转速一般都在13000～18000r/min以上，有的超过25000r/min。在这高速条件下运转的电枢，即使其直径较小，运行时的离心力也相当大。如果电枢绕组的机械强度稍差，绕组就容易发生短路或断线故障。为此，重绕绕组浸漆后与铁心的整体机械强度就要求较高，且绝缘漆在线圈导线间必须充填密实，不得留有空隙，这对一般绝缘漆是很难满足高速电枢的技术要求的，所以应采用环氧无溶剂树脂漆进行浸渍。因为这种漆具有流动性好，渗透力强；挂漆量大，充填系数高，热传导性好；粘结力强，机械强度高，物理性能稳定；吸水性小，防潮性能好，即使受潮干燥后绝缘性能恢复快，又异味小、毒性小；特别在常温或低温下可预烘浸漆，烘燥时间短。

吸尘器电动机的电枢一般宜采用垂直旋转滴浸工艺，并要垂直旋转进行烘燥。

3. 电枢动平衡校正

重绕电枢绕组浸漆烘燥后应在动平衡机上进行动平衡校验。不平衡时的校正方法如下：

（1）增重法　是对电枢铁心偏轻点采用加重来校正。具体方法是用铜质槽楔替换普通槽楔，换用时槽口要用复合绝缘纸垫衬加强绝缘，以免线圈对地击穿。

（2）减轻法　是对电枢铁心偏重点上钻削去一些铁心屑使其平衡。但不宜采用一孔深钻削，应作分布浅钻削，以免钻伤线圈或产生旋转时的气流阻力造成新的不平衡因素。

为确保电枢在高速运转时的可靠性，重绕电枢绕组后还应作以下两项试验：一是对换向片间作1000V耐压试验，也可用1000V摇表试验；二是对换向器作转速40000r/min历时1min的超速试验。

四、家用吸尘器电动机的常见故障及处理

为了获得足够的吸力，吸尘器电动机选用具有极高转速的串励电动机。由于电枢换向器与电刷存在运行性的摩擦接触，故其故障相对较多。常见的故障及处理方法见表7-1。

表7-1　家用吸尘器电动机和保护元件的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机不能起动	1. 电源开关接触不良或熔丝烧断 2. 电源自动卷线机构内接触不良 3. 电枢绕组或定子绕组断路 4. 电刷严重磨损造成点接触 5. 电刷与刷座配合过紧造成断路	1. 检修故障点 2. 检修电源插头、插座及导线连接点 3. 检修或重绕绕组 4. 换电刷重新研磨良好配合 5. 修磨电刷使良好配合

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
2	电动机不运转，但起动瞬间有短暂异声	1. 电源电压过低 2. 电动机轴承严重磨损 3. 定子绕组接错或受潮、短路 4. 电刷远离中心线 5. 滤尘袋破损，杂物卡住风机或电机	1. 加装稳压器 2. 更换轴承 3. 纠正接线或修理、重绕 4. 调整刷握正确位置 5. 修补滤尘袋，取出堵塞杂物
3	电动机转速慢	1. 电源电压过低 2. 电动机定子、电枢绕组有短路、接地 3. 定子、转子间有异物 4. 电动机轴承润滑油老化或缺油 5. 电刷弹簧压力过大 6. 电刷刷握松动移位	1. 调整电源电压或加装稳压器 2. 检修短路、接地故障 3. 清除异物 4. 洗清轴承更换新润滑油 5. 调整弹簧适当压力 6. 调整刷握到原来位置
4	电动机温升高，出风口排风口温度高	1. 电动机励磁回路有短路、接地 2. 电刷架松动移位 3. 电刷产生强烈火花 4. 电动机定子、电枢铁心相擦 5. 风叶卡阻使电动机负载增加 6. 软管与进风口未连接好 7. 软管、吸尘嘴和集尘袋有堵塞 8. 滤尘袋微孔堵塞，集尘室积尘满 9. 吸尘器连续使用时间过长	1. 检修或重绕绕组 2. 调整到原来位置 3. 参见本章第四节串励电动机修理表1-37内容 4. 检查原因排除或换轴承 5. 排除卡阻原因 6. 纠正接好 7. 清除堵塞物 8. 清除堵塞和积尘或换滤尘袋 9. 适当减少连续使用时间
5	电动机运转但吸尘力不足	1. 电动机转速低或反转 2. 电动机与壳体间隙过大 3. 电动机轴上风叶松动 4. 集尘袋孔堵塞或积尘太多 5. 软管、吸尘嘴、集尘袋接口堵塞 6. 二次滤尘袋堵塞 7. 吸尘器顶盖与中壳体间隙过大 8. 软管破损或附件漏气 9. 起尘转刷的刷毛严重磨损	1. 参见本表序号3项处理 2. 修整结合面，更换密封胶 3. 检修松动故障 4. 清除堵塞积尘 5. 清除堵塞物，或清洗集尘袋 6. 清扫或清洗滤尘袋 7. 修整结合面，更换密封胶 8. 修补或更换配件 9. 更换起尘刷
6	电枢换向器与电刷间有大火花或环火	参考第五章5-2节表5-1内容进行处理	

（续）

序号	故障现象	故 障 原 因	处 理 方 法
7	电动机噪声大	1. 电动机轴上风叶松动或变形 2. 电动机转轴弯曲 3. 电动机装配不良 4. 轴承磨损或润滑油不良有杂质 5. 换向器表面不平或云母片凸出 6. 电刷弹簧压力不当 7. 滤尘袋破损有杂物进入电动机、风机 8. 壳体内壁与出风口等部位吸音材料破损或脱落 9. 电动机前后防振垫块老化或破损	1. 检查整形紧固或换新风叶 2. 校正转轴 3. 重新调整装配 4. 更换轴承，清洗后换润滑油 5. 车削、研磨换向器，刮削云母片下刻0.5mm 6. 调整弹簧压力或换新配件 7. 清除杂物修换滤尘袋 8. 修补或换新吸音材料 9. 更换新的防振垫块

第二节　家用电吹风机电动机的修理

电吹风俗称吹风筒，主要用于头发干燥和定型，属卫生整容类家用电器。此外，在电工维修工作和工艺美术等方面也可作局部加热干燥之用。

一、电吹风机的结构与种类

电吹风机的基本结构是由外壳、电动机、风叶、电热元件以及开关等组成。主要设计手持式，个别也制成放置在台面的支座式的。它的工作原理也很简单，是由电动机带动风叶把风筒前端的电热空气由前面吹出，从而达到加热干燥的目的。

为了适应使用灵便，电吹风机特别要求风量大且体积小、重量轻、操作容易、携带方便、外型美观而且坚实耐用。图7-6是目前市场常见的单相串励式电吹风机的结构图。电吹风机若根据使用方式，可分为手持式和支座式；如按送风形式则分轴流式和离心式。而轴流式主要采用单相串励电动机或永磁直流电动机，交流罩极电动机则设计成离心式。

二、电吹风机电动机及典型控制电路

电吹风机早期产品主要用交流感应（罩极）电动机为动力，它虽具有重量轻、体积小、结构简单及成本低等优点，但其转速受到限制，而且输出功率过小，致使出风量很难满足实际需要，故其产品已淡出市场；目前代之的是用转速高、相同体积下输出功率大的单相串励电动机为动力。

电吹风机基本功能除吹风外，还根据需要而设冷风和热风两种送风状态，其控制开关设为三档，如图7-7所示。不工作时开关置于“停”位；开机先板至冷风挡，确认电动机工作正常后再扳到热风档。若遇风量不足导致吹风过热时，限温保护元件KT自动断开，切断电热元件EH电路，吹出冷风。

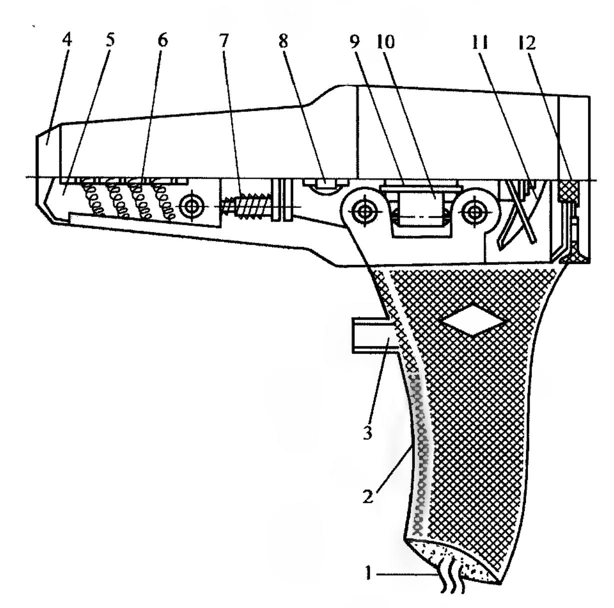


图 7-6　单相串励式电吹风结构

1—电源线　2—手柄　3—选择开关　4—吹风嘴　5—发热器支架　6—发热丝
7—发热器接线柱　8—电刷　9—转子　10—定子绕组　11—风扇叶　12—调风器

此外，还有一种高档的电吹风，它除冷、热风外还将热风分为三档，其控制使用五档的专用滑动开关，电动机接线如图 7-8 所示。停机时开关滑动触片“·”处于“停”位，电源触点“1”与滑片接触，但“2”点未通；当滑片扳至“冷”档则“1”和“2”通过滑动触片连通，电动机 *M* 起动运转并吹出冷风；低温挡时小功率电热元件 R_1 通电；中温档则 R_2 通电，而 R_1 的触点处于滑片缺口未能接通如图所示；若开关板到高温档，即滑片“·”处于高位，这时 R_1 和 R_2 都通电工作，电吹风吹出高温热风。

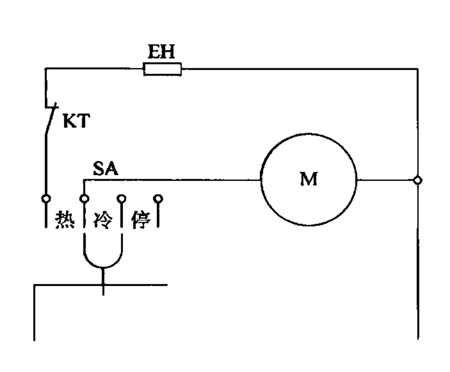


图 7-7　普及型电吹风典型控制电路

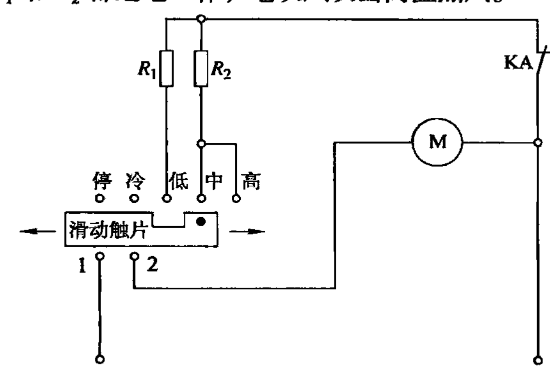


图 7-8　高档电吹风控制接线图

三、电吹风机电动机的拆卸与修理

为确保检修的安全和顺利，电吹风机的拆卸可依下列程序进行：

（1）拆卸准备　电吹风拆卸时先拔除电源插头断开电源；

（2）拆卸壳体　电吹风外壳一般为上下壳体结构，全部螺钉卸下后即可将壳体分离，然后仔细观察，记住电动机、风叶和发热元件的相对位置和固定方法，并作要点记录；

（3）拆卸风叶　拆卸时先将风叶的固定螺钉头弯转向电热丝旁的空间，以便起子进入松开紧固螺钉，再取下风叶，放置妥当以免损坏或变形；

（4）拆离电热元件　电吹风机的电热元件有的是按专用开关，也有接共用开关的，因此先检查确认，如与电动机共用开关，要先拆离电热元件的引接线头，并做记号或记录；

（5）卸下电动机　拆开机座的固定螺钉后，将电动机连同挡位开关一起取出；

（6）拆开电源开关　从开关上把电动机的接头拆除，做好记号。然后可进入电动机解体检修程序。

电吹风机电动机虽与风筒同体，但机体结构与通用型相同，为此，对串励电动机和永磁式电枢的修理、重绕可参照第五章；罩极式电吹风机修理可参照第四章所述。

四、电吹风机电动机的常见故障及处理

电吹风机电动机及主要元件的常见故障和处理方法见表7-2。

表7-2　电吹风机电动机和其他主要元件的常见故障及处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机不运转	1. 电源断路 2. 电动机绕组断路、短路或烧坏 3. 串励永磁电动机电枢绕组断路、短路 4. 串励、永磁电动机换向器有油粉垢 5. 罩极电动机转子笼条断条 6. 罩极电动机磁场罩极线圈断路 7. 永磁电动机整流元件断路或损坏 8. 串励、永磁电动机电枢电刷接触不良	1. 检查开关、熔丝、电源线故障点修复 2. 检修故障点或重绕绕组 3. 检修断路、短路故障点或重绕 4. 清除换向器槽内油垢及电刷碳粉，用酒精清洗 5. 检修断笼条补焊修复 6. 修焊罩极线圈成闭路 7. 检修断路故障或换整流元件 8. 修磨电刷接触面
2	电动机转速慢	1. 电源电压过低 2. 电动机磁场绕组短路 3. 串励、永磁电动机电枢绕组局部短路或断路 4. 电动机轴承配合过紧或缺油、磨损 5. 风叶片与外壳摩擦或掉风叶片 6. 串励、永磁电动机电枢电刷压力大	1. 加装稳压器 2. 用降压法检查短路点或重绕 3. 用片间降压法检查短路点，用电阻法检查断路故障或重绕 4. 调整配合或清洗加油或换轴承 5. 检修间隙或修换风叶片 6. 调整电刷压力

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
3	电刷换向火花严重	参考第五章5-2节表5-1内容处理	
4	电动机运行噪声大	1. 电动机轴承严重磨损 2. 转子与定子有“扫膛” 3. 风叶片擦外壳 4. 串励、永磁电动机电枢换向器表面粗糙不平或变形	1. 更换轴承 2. 检修轴承或更换轴承、弯轴 3. 校正风叶片与外壳间隙 4. 精磨换向器表面，刮削云母沟槽，清除残屑，再用酒精清洗
5	电动机运转而无热风	1. 选择开关接触不良 2. 发热元件电热丝断路 3. 温控元件断路或失灵	1. 检修或更换选择开关 2. 绞接断点或更换电热丝 3. 检修或更换温控元件

第三节　家用缝纫机电动机的修理

一、家用电动缝纫机的结构特点

缝纫机曾是构成家庭的三大件之一，它也由手摇式、脚踏式进步到目前的电动式。电动机有的装在机头内部，有的装在机架上，通过皮带或齿轮传动替代脚踏实施缝纫工作。不但减轻缝纫工作的劳动强度，而且也提高了工作效率。家用缝纫机的电动机属专用电动机，除个别型式曾用单相电容运转电动机外，大部都是单相串励电动机。它的调速操作开关有用脚踏板按钮式和膝撞板按钮式，其结构基本相同，只是形状大小稍有差异。

家用电动缝纫机电动机有多种专用型号，并具体积小、重量轻、结构紧凑、起动转矩大、过载能力强、运行可靠、调速性能好等特点；但由于电枢存在滑动接触，其故障率也高。

二、电动缝纫机电动机及修理要点

1. 电动机电枢与换向器的接线

电动缝纫机以电动机为动力，由于缝纫要求电动机要有较大的起动转矩和过载能力，故目前都采用单相串励电动机，其定、转子结构如图7-9所示。电动机为2极，定子是凸极式，绕组为集中式，即由两只线圈按反极性串联而成。转子有11槽和12槽两种规格；电枢绕组线圈节距均为1～6，每槽元件数 $n=2$ 或3，所以换向片数有22片、24片、33片三种规格。电动机输入功率一般在50～130W。

电动机的电枢绕组是单相串励电动机的薄弱环节，损坏几率较高。若绕组损坏重绕时，必须严格记录原始数据，并参考5-4节进行修理。重绕成功的关键是画出电枢绕组与换向器的原始接线位置，图7-10示例是12槽2极两根并绕某牌号的电动缝纫机用电动机修理的原始记录，不同厂家、不同牌号的产品接线有别，不宜凭经验照搬硬套。本

例转子属 A 类结构，即槽中心线 0—n 与换向器的云母片重合，而每槽元件数 $n=2$、1 号槽元件接入 1、2 号片，其中心线 0′—K 在 1、2 片之间的云母片，即接线是向右借偏 1 片。

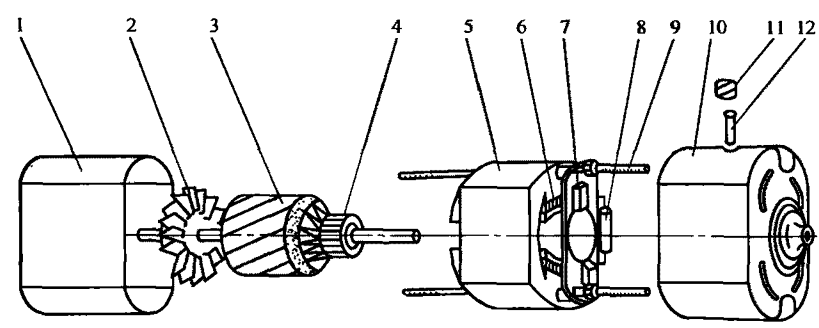


图 7-9　缝纫电动机定、转子结构

1—后端盖　2—风扇　3—转子　4—电枢换向器　5—定子铁心　6—定子线圈　7—电刷架　8—电容器　9—长螺杆　10—前端盖　11—电刷压力调节螺母　12—电刷

2. 电动机修理嵌线特点

由于缝纫机电枢转速很高，极易引起运转时动平衡不良而发生振动、噪声，为此，重绕嵌线不宜用叠绕法，通常采用对绕法，但较理想的还是用双叠定子的吊边交叠法。即用 n 根导线在线模上绕制线圈，嵌线时先嵌下层边，吊起上层边，嵌至 y 槽后线圈两边整嵌，嵌满下层再把原来吊起的线圈边逐个嵌入相应槽的上层。但上下层间无需衬垫绝缘。其它工艺可参照 5-4 节进行。

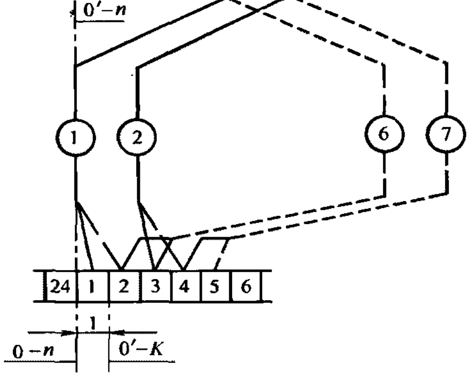


图 7-10　缝纫机电动机电枢接线记录示例

3. 电动机修理装配要点

电动机修理的装配质量直接影响到电动机运行性能，因此，应注意如下几点：

（1）装配前要检查轴承是否过度磨损，若太松则要更换新轴承。轴承与轴的配合间隙宜在 0.004～0.008mm 之间，否则太紧会发热，过松则产生运行振动和噪声。

（2）装配时检查转子窜轴不宜过大，否则不但会发出振动噪声，而且还可能造成传动皮带磨损；但太小则可能在运转中因热胀而轧死停转。通常，正常窜轴应调整到 0.4～0.5mm。

（3）装配定子时要理直引出线，进入机壳后要向外拉紧线头，避免在内部碰到转子。但拉出时用力不要过猛，以免导线破皮或拉断。

（4）重绕后的电枢装配要观察换向器焊接槽部位，不得与电刷架过分接近或碰触，

如有突出，应处理平整。

（5）检查电刷在刷握内应滑动自如，不能过松或过紧，而且电刷与换向器接触圆弧面的研磨要达到80%以上；刷簧压力应调整在30～40kPa，如压力过小后无法调大，说明电刷磨耗过度，要更换新刷。

（6）装配前后端盖应注意接合处应平整、紧密，以免拗轴。

（7）装配时检查双头螺钉不得弯曲、滑扣，如有弯曲变形，要先整形顺直再用；若是螺纹滑扣，便需更换新件。

（8）装配完成后，电动机应转动灵活无阻滞，再检查轴伸端转动时的跳动不得 > 0.02mm。

（9）电动机皮带轮装配就位正确，即紧定螺钉必须对准轴上的凹槽平面再紧固。如果皮带轮中心线偏高，不但会刮损传动带引发噪声，而且还可能造成传动带在运行中脱落而导致串励电动机的“飞车”的严重事故。

三、电动缝纫机的调速方法与电路

根据缝制布料不同和缝制功能的需要，要求电动机能在150～5500r/min范围内进行调速。缝纫电动机的调速是通过降低输入电压来实现的，常用的方法有：

（1）碳片调速器　它是由碳质电阻片和移动压触片构成。调速器与串励电动机串联，改变调速电阻即可控制缝纫电动机转速。这种碳阻是由8Ω小阻片串联而成，使用中容易碎裂，而且会因磨损变值而降低灵敏度，在早期电动缝纫机中使用。

（2）滑线电阻调速器　它由绕线式电阻器和滑臂触点组成的无级调速器，与电动机串联进行无级调速。电动缝纫机配用的直流电阻约为500～700Ω。这种调速也是接触式，也容易磨损，甚至断丝损坏。

（3）可控硅无级调速器　它是电子线路构成的调速器，如图7-11所示。它通过调节电阻RP，经二极管导通后的分压来改变晶闸管导通角，进而改变缝纫电动机端电压进行调速。

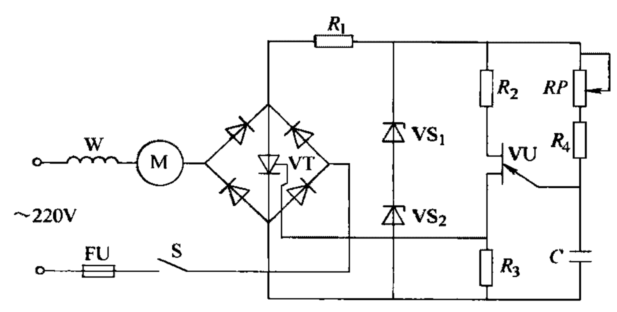


图7-11　电动缝纫电动机电子调速电路

四、电动机及调速控制常见故障

电动缝纫机电动机具有滑动接触的电刷和换向器结构，本来故障就比较多；再加上调速器也有接触磨损部件，所以故障率更高。表7-3是家用电动缝纫机及电动机常见故

障与处理方法，供检修时参考。

表 7-3　家用缝纫电动机及调速控制常见故障与处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机不运转	1. 电源断路 2. 调速器触头接触不良或烧蚀 3. 电动机定子绕组断路 4. 电枢绕组或换向器严重短路 5. 轴承严重磨损 6. 电刷卡死造成开路 7. 传动机械机构卡死	1. 检修熔丝、插头座、导线故障点 2. 修磨触头或更换触头 3. 检修或重绕 4. 检修或重绕 5. 更换轴承 6. 研磨电刷并修整刷盒 7. 检修传动机构排除堵卡原因
2	电动机（缝纫机头）运行不正常	1. 电源电压过低或波动 2. 电刷弹簧压力过大 3. 电刷与刷盒配合过紧 4. 电刷严重磨损 5. 传动机构或传动带松动打滑 6. 缝纫加工料太厚	1. 加装稳压器 2. 调整弹簧压力 3. 调整适当配合 4. 更换电刷 5. 调整、紧固，传动带绷紧或涂松香粉末 6. 适当减少加工料厚度
3	电刷与换向器间火花大	参考第五章 5-2 节串励电动机修理内容	
4	脚踏调速器没有调速反应	1. 电源未接通或断路 2. 熔断器熔丝熔断 3. 调速器与电动机插头松动接触不良	1. 接通电源或排除故障后送电 2. 检查调速线路，排除故障，确认无明显故障后，更换 0.5A 熔断器 3. 重新插紧
5	只有慢速没有快速	1. 电子调速电位器的齿轮与牙板脱离，踏板失控 2. 滑线调速器踏板卡住 3. 分级调速器活动块卡死	1. 检修使其恢复良好啮合并加以固定 2. 排除卡阻物，若半月板牙损坏则需重配 3. 检修活动块，排除故障后加润滑
6	只有快速没有慢速	1. 电子调速器的晶闸管虚焊或损坏 2. 分级电阻调速器的电位器脱焊或损坏 3. 分级调速器的二极管击穿或脱焊 4. 滑线电阻式调速器电阻丝断裂 5. 滑线电阻接触面氧化使其接触不良 6. 滑线式调速器二极管虚焊或损坏 7. 电碳片调速器的碳阻片断裂	1. 检查重焊，若确认烧坏则更换晶闸管 2. 将脱焊点重焊，确认损坏时则更换新件 3. 检查确认击穿则更换，若脱焊则重焊 4. 更换电阻器 5. 用 00 号砂纸清理接触面，调整滑臂压力 6. 重焊虚脱点，检查确认损坏时则更换二极管 7. 更换碎裂的碳阻片

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
7	调速出现时断时通	1. 分级调速器触点接触不良 2. 电子调速双基极管回路可能有虚焊	1. 用金相砂纸清除接触点硫化银 2. 检查找出故障点重焊恢复
8	调速器有焦臭味或冒烟	1. 电阻等元器件有短路 2. 夏季散热通风条件欠佳 3. 超载运行	1. 检查确认后更换短路元件 2. 改善通风散热条件，间歇运行 3. 避免超载，缩短运行时间
9	脚踏板松开后电动机不停转	1. 电源微动开关短路 2. 电位器触片脱落 3. 踏板卡住或复位弹簧断裂	1. 更换微动开关 2. 检修或更换损坏的电位器 3. 检修踏板或更换弹簧
10	调速器外壳漏电	1. 调速器元器件对地击穿 2. 引接导线绝缘破损 3. 印刷电路板对地击穿	1. 检查故障点后用绝缘材料隔开 2. 包扎绝缘破损点 3. 将击穿点炭化物清理干净，加绝缘垫隔开，或换新电路板

第四节　便携式电钻电动机的修理

电钻电动机是单相串励电动机，但它与各种功能的电钻外壳同体设计，故属专用电动机。它的使用是用单手或双手握持进行钻削加工，根据工作物以及使用场合、条件而设计不同功能的电钻。

一、电钻的基本结构与品种

电钻是手提式的轻便型电动工具，一般俗称手电钻，它具有操作简单，使用灵活，携带方便等优点，适用于因空间、场地限制而不能使用工业钻床的工件，对木材、塑料及金属构件进行钻孔加工。电钻的基本结构主要由壳体、手柄、开关、钻夹、电动机及齿轮减速箱等构成。图 7-12 是手电钻的基本结构原理图。

电钻按用途可分为：钻孔电钻和冲击电钻；按形体可分为手枪式小电钻、便携式电钻及磁座式电钻等。此外，根据使用电源及动力型式还可分为单相串励电钻，交直流两用电钻，三相工频电钻，三相中频电钻及永磁式直流电钻等。但由于单相串励电动机具有转速高、体积重量小、起动转矩大，过载能力强等优点，而且稍为改动即可用于直流电源，所以在电钻中被作为主要的动力源。

二、电钻电动机绕组与接线

我国生产的手电钻，除个别规格是 ϕ22mm 外，大部分是 ϕ19mm 以下，而最小的是 ϕ6mm。单手握持手枪式电钻，是电钻的典型产品。电钻电动机与电钻整体设计，定子是由两只凸出的磁极，2 只励磁线圈按反极性连接；电枢转子有单槽数和双槽数两种，

它的线圈跨槽节距由下式确定：

单槽数转子线圈节距：$y_1 = \frac{z+1}{2}$（槽）

双槽数转子线圈节距：$y_2 = \frac{z}{2}$（槽）

式中　z——电枢转子槽数。

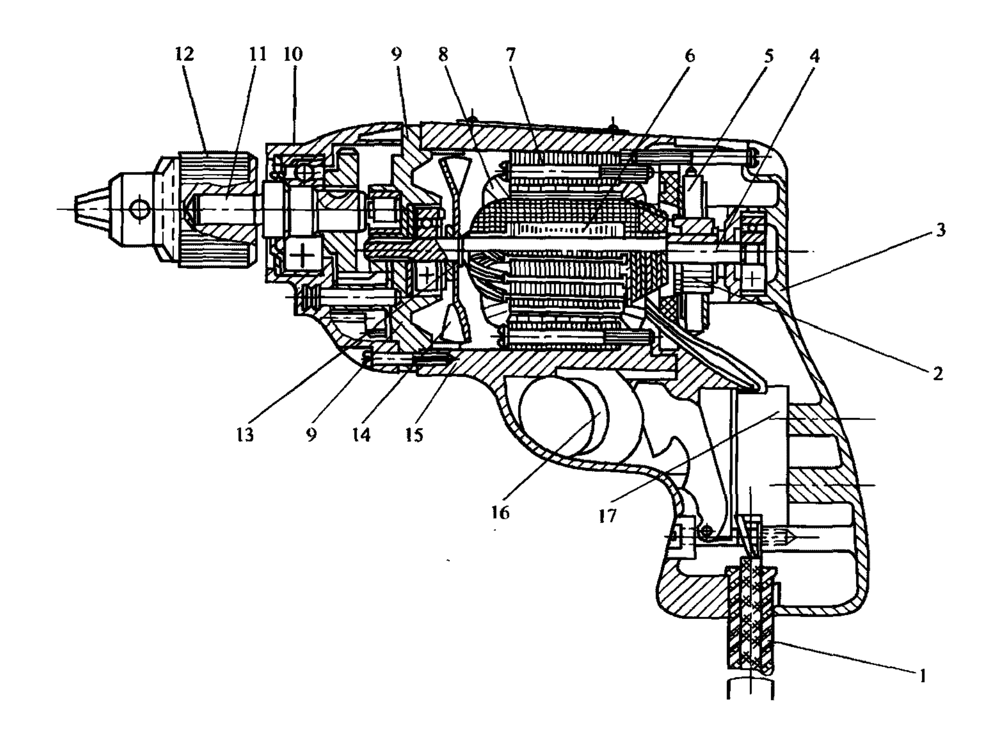


图 7-12　手电钻的基本结构原理图

1—电源电缆　2—换向器　3—手柄盖　4—转子轴　5—电刷刷握　6—转子铁心
7—定子铁心　8—定子绕组　9—中间盘　10—减速箱总成　11—电钻锥轴
12—钻夹头　13—电枢绕组　14—风扇　15—机壳　16—开关按键　17—开关

电钻的电枢转子较多采用 B 类结构，即槽中心线与换向片中心线重合。电枢的元件端头接入有正对，也有借偏，而借偏方向基本与旋转方向一致，图 7-13 是电钻电枢绕组接线图示例。图 a 是 ϕ6mm 电钻的绕组接线，它的转子是 9 槽，线圈槽节距 $y_1=4$，每槽元件 $n=3$，分别接到换向片 1、2、3，即 n 片中心线在 2 号片。由图可见，n 片中心（0′—K）与槽中心线（0—n）是重合的，故此绕组是正对接线。图 b 是 ϕ10～ϕ13mm、220V、110V 电钻绕组接线，转子 12 槽，线圈节距 $y_2=5$ 槽，每槽 $n=3$，n 片中心线（0′—K）在片 2，它位于槽中心线（0—n）右方偏移 1 片，称向右借偏 1 片接线。图 c 也是 ϕ10～13mm 电钻，但用于低电压，电枢每槽 $n=2$，n 片中心 0′—K 在 1、

2片之间的云母片，由图可见，接线是向右借偏1.5片。图d是ϕ19mm电钻，它是向右借偏1片接入换向器。

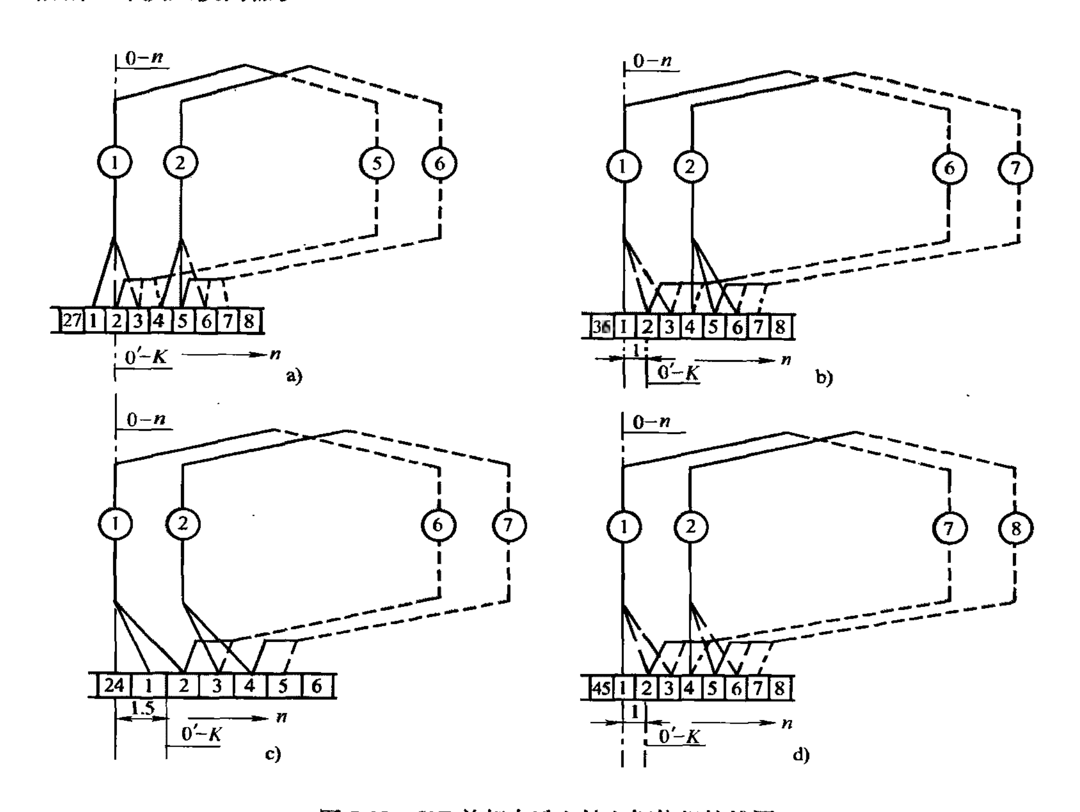


图7-13 J1Z单相串励电钻电枢绕组接线图

a）J1Z—6型220、110、36V电枢 b）J1Z—10型220、110V电枢

c）J1Z—10型、J1Z—13型24、36V电枢 d）J1Z—19型220、110V电枢

以上是部分厂家电钻产品的电枢绕组布接线实例，但不同厂家或时期会因某种性能要求而有所改变。此外，还有厂家的转子装配是采用A类的，所以拆修时一定要查清实际接线，做好记录，只有接线相同者，才能按图重绕。

三、手电钻的接线

手电钻电动机定子常规是反串连接，但亦有用并联接线的，所以拆修时要查清楚，而且不论哪种接线，都要确保两极励磁绕组的极性相反。电枢与励磁绕组的接线可见图5-7及图5-8。两种接线的工作原理完全相同，但前者对抑制换向火花和抗无线电或电视干扰的效果占优。

四、电钻及电动机的检修特点

单相电钻电动机绕组故障检修及重绕工艺可参考第五章单相串励电动机修理的有关内容。下面仅就电钻的检修特点进行介绍。

1. 电钻电动机故障的简便检查

单相串励电动机绕组的典型故障在第五章5-2节已作详细介绍，对电钻的故障检修也可采用一些简便的方法进行检查。

（1）试灯检查定子绕组接地　检查前先将电刷从刷握中取出，然后用试灯测试棒一端接触铁心，另一端点接定子绕组出线，若灯亮说明有接地故障，不亮则是绝缘正常。此法不宜用于110V以下电动机，而且试灯功率不宜太大，最好是8～15W。

（2）试灯检查定子绕组断路　检查前先把电刷拔出，再将图7-14所示用两测试棒分别碰触线圈1、2出线头，灯亮说明线圈通路，不亮则线圈断路；同理再碰触另一线圈3、4端。

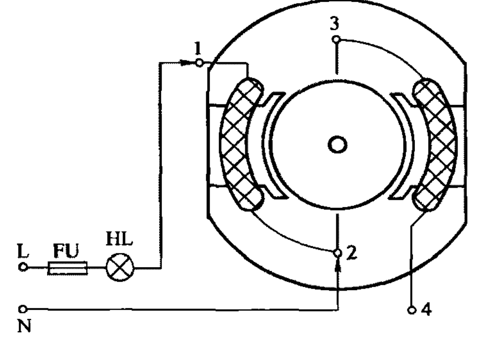


图7-14　用试灯检查定子绕组断路示意图

（3）试灯检查电枢绕组短路　电枢绕组短路故障也可因地制宜，用被检修电钻的定子铁心代替短路探测器进行检查。方法是把定子铁心从壳体取出，卸下电刷架后将其固定在两极中心线垂直的位置，如图7-15所示，并将两极线圈按反极性串联接通，把转子装进定子内腔，并将检测线圈槽向上，再把试灯测试棒接通定子绕组，用一段钢锯片伸入放在被测槽口，若锯片无反应说明该槽线圈无短路。再转动转子轴，顺次检测各槽，如果锯片发生振动噪声，说明该槽有短路故障，做好记号后再将转子向左、右旋至该线圈的跨距槽再试，这样就可以确定短路线圈所在的两槽。为了提高检测的灵敏度，要求试灯功率等于或稍大于电钻的功率。

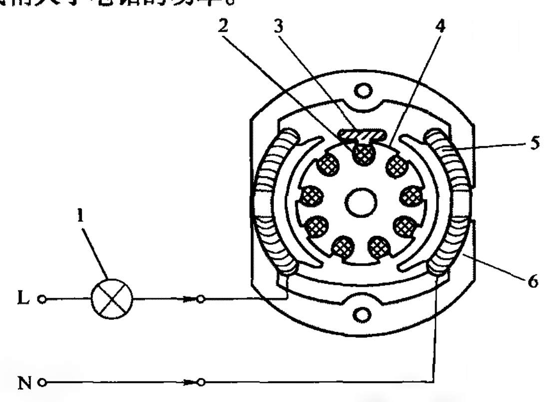


图7-15　用定子铁心代替短路探测器

1—试灯　2—检测槽线圈　3—钢锯片　4—电枢铁心　5—定子线圈　6—定子铁心

2. 冲击钻和磁座钻的故障检修

冲击钻是在电钻基础上增加冲击装置，使其具有旋转铝削加冲击双重功能的特殊电

钻，而且制成可调式结构，即既可换上硬质合金冲击钻头，用旋转加冲击的方式在混凝土或其它建筑物上打孔；又可改换麻花钻头，在金属、塑料、木材等工件上钻削加工。由于冲击部分纯属机械传动结构，与电动机或电路无关，而电动机又与手电钻相同，故其故障与修理完全可参照电钻进行。

磁座钻又称吸附电钻，它用普通电钻固定在磁座机架的滑动拖板上，机架由电磁吸盘、回转装置和进给装置三部分组成。

电磁吸盘由直流电供给，回转机构通过转盘套在吸盘中心轴上，并由于轮轴转动齿轮，带动与滑动拖板连接一体的齿条使电钻随拖板上下运动进行钻削加工。

单相磁座钻电磁机构的常见故障及处理见表7-4。

表7-4 单相磁座钻电磁机构的常见故障

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机各种故障现象	参见表电钻电机常见故障处理	
2	电磁吸盘无吸力	1. 电磁吸盘励磁线圈断路 2. 整流电源断路或短路 3. 接触器线圈短路或断路 4. 接触器触头烧蚀或移位 5. 整流电路电容器短路	1. 检修故障点或重绕 2. 检修开关、熔丝、整流元件、线路故障点 3. 检修或更换线圈 4. 调整修磨或更换触头 5. 更换电容器
3	开机熔体爆断	1. 吸盘线圈接线短路 2. 整流元件、电容器短路 3. 接触器线圈短路 4. 线路或指示灯灯头短路 5. 接触器触头故障同时闭合经桥式整流元件形成短路	1. 检修故障点或重绕 2. 更换新配件 3. 检修重绕或更换 4. 检修故障点 5. 检修故障、修磨触头或更换接触器

五、电钻的装配与试车

1. 电钻的装配要点

电钻拆卸检修或重绕后都要进行装配，装配前除将定、转子铁心清理干净外，换向器还要用钢锯片磨制的钩形刮槽器，将换向片之间的云母刮削成深度约0.3～0.5mm的规整槽形，再用细砂纸折成小V形，顺着云母槽打磨，去除换向片角上的毛刺。最后用800号细砂纸将整个换向器表面打磨光滑，并清扫干净，才开始装配程序。

（1）轴承的清洗与加油　电钻是高转速电动机，当轴承磨损变大后，除发出噪声

外，还伴随振动、换向火花增加，甚至引起“拖底”故障。因此，对磨损过量的轴承必须更换。表7-5是单相电钻电动机的轴承规格，可参照选用。对无损更换的轴承，装配时要先用汽油或专用洗洁液洗净、晾干后充填新润滑油。填入油量约占轴承腔容积的1/2。

表7-5　单相电钻电动机用轴承的型号规格

型　号	单列向心球轴承型号				管型滑动轴承尺寸/mm		
					铜套外径	铜套内径	铜套长度
J1Z—6	202	E27	E29	—	$\phi 8^{+0.035}_{+0.005}$	$\phi 12^{+0.075}_{+0.040}$	$9^{-0.20}_{-0.30}$
					$\phi 5^{+0.025}$	$\phi 7.5^{+0.055}_{+0.030}$	17 ± 0.20
J1Z—10	200	203	E29	—	$\phi 8^{+0.035}_{+0.005}$	$\phi 12^{+0.075}_{+0.040}$	10 ± 0.30
					$\phi 10^{+0.055}_{+0.025}$	$\phi 13.5^{+0.055}_{+0.035}$	12 ± 0.30
J1Z—13	200	201	203	—	$\phi 8^{+0.055}_{+0.025}$	$\phi 11^{+0.055}_{+0.040}$	12 ± 0.35
					$\phi 12^{+0.18}_{+0.13}$	$\phi 16^{+0.075}_{+0.040}$	12 ± 0.35
J1Z—19	203	205	60202	60201	$\phi 12^{+0.18}_{+0.13}$	$\phi 16^{+0.075}_{+0.040}$	18 ± 0.30

（2）更换减速箱润滑油　检查减速箱润滑油量不足但无污染，则添加即可；若原油不清洁或老化，必须更换新油。

（3）开关检查与装配　电钻的开关有单触点和双触点，但闭合时应有良好的状态，即接触电阻迅速指零，如测量时欧姆表摆动不稳说明接触不良，要更换开关或检修触点。此外，开关的开闭要灵活，做十次开闭试验不得有一次失灵，否则也要更换开关。开关就位时要依原样用绝缘纸包衬隔开；连接手柄盖与机壳的螺钉要套上聚氯乙烯软管。开关装好后，再检查操作，不得有任何阻卡现象。

（4）刷握与电刷安装　刷握要按拆卸前的记号就位安装；原电刷要按原方向装入刷握。换新电刷应磨合接触面，并要求不低于85%。电刷装入后应滑动自如，但不能过松晃动。刷辫线要顺电刷滑动方向理顺放置。

(5) 盖前检查　电钻内部装配完后，检查电路导电部分，确保没有接地（金属）、短路隐患；再检查各部位螺钉的紧固程度，既要拧紧又要防滑扣。

(6) 装配手柄盖　电钻的手柄盖就位应是紧密妥贴无缝隙，否则说明内部有部件装配不正确，故要仔细检查校正。其中着重检查开关的定位，应使开关的定位孔套准定位柱装配好，否则，拧紧手柄盖螺钉时可能造成开关碎裂。

(7) 总体复查　全部装配完成后，再复查机械部分的转动应灵活无障碍，声音无异常。

2. 电钻的通电试运转

电钻检修或重绕之后都必须进行通电检查，籍以检验修复的质量。电动机检查有两种情况：一种是半成品试验，即重绕工艺基本完成，在浸漆之前的试验。这时，由于电枢绕组尚未浸漆，绕组强度不高，在高速之下容易因离心力而损坏，为此，只宜在低电压的额定转速以下进行；另一种是成品试验，它是在重绕浸漆并烘干后，或未拆修绕组的电钻检修试验。这种试验是在额定电压下进行，但电动机不能空转，而一定要带着电钻的减速箱进行。检查内容主要有：

(1) 检查旋转方向　电钻工作于单转向，反转后火花很大而且不能钻削。如果反转，可将接到电刷架的两根线头互换即可改变转向。

(2) 观察电刷换向火花　一般可参考5-2节内容处理。如仍无法使火花减至正常，则要重测电枢是否短路，否则就要怀疑重绕电枢的接线是否正确了。这时可将刷架整体调至火花较小的方向，如果仍未减至正常，说明接线借偏错误，解决办法有二：一是将电枢接线重新移位，即使几片中心向刷架调整火花较小的相反方向借偏1片重新接线；另一是设法向火花变小的方向将刷架的调整量扩大至1片的位移量。

(3) 检验开关操作灵活性　多次开闭电钻开关，反复做起动、运转、停止试验，无失误为正常。

(4) 检查电钻转速　用转速表测试电钻轴头的空载转速，不超过铭牌规定转数±10%视为正常。如果转速过高，可将电刷架朝旋转方向偏移一点；若慢了则向相反方向偏移。

(5) 检查机械部分　将电钻运行数分钟，机壳及减速箱无明显发热；运转无异常响声则算正常。

六、单相电钻电动机的常见故障

单相电钻电动机有各种故障，有电机故障，也有机械减速传动机构故障。其故障原因及处理方法见表7-6。

表7-6　单相电钻电动机和机械传动机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机（钻头）不转	1. 电源断路 2. 开关损坏或接触不良 3. 电刷与刷盒配合过紧卡死	1. 检修电源电路、部件、导线故障点 2. 检修或更换开关 3. 修磨电刷，调整弹簧压力

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机（钻头）不转	4. 电刷架松动偏离中心线 5. 换向片间有导电粉末、污垢 6. 定子、电枢绕组有短路、断路或受潮 7. 轴承严重磨损或配合过紧 8. 电枢卡死或电枢“扫膛”	4. 调整紧固 5. 清除片间杂物后清洗擦干 6. 检修或重绕绕组，受潮要烘干处理 7. 校正配合或更换轴承 8. 检修卡死、“扫膛”故障
2	电动机起动困难	1. 电源电压过低 2. 开关接触不良 3. 定子绕组短路或接地 4. 电刷偏离中心线 5. 电刷架接地 6. 钻头刃口钝或进给压力过重	1. 加装稳压器 2. 检修或更换开关 3. 检修或重绕 4. 调整刷架复位 5. 检修加强绝缘 6. 修磨钻头刃口，减轻进给压力
3	开机熔丝爆断	1. 电源线短路或接地 2. 接线头短路或接地 3. 开关接地 4. 电刷架接地 5. 定子、电枢绕组接地或短路 6. 电刷偏离中心线 7. 电动机严重受潮 8. 电源误接到380V上	1. 检修故障点加强绝缘 2. 检修故障点加强绝缘 3. 检修或更换开关 4. 检修加强绝缘 5. 检修或重绕 6. 调整刷架复位 7. 进行烘干处理 8. 改正换接
4	换向火花过大	参见第五章有关内容	
5	电动机运转，钻头不转	1. 变速齿轮有断齿 2. 齿轮轴折断 3. 传动半月键脱落	1. 更换新齿轮 2. 更换新轴 3. 复位或配装
6	电动机转速过快	1. 电源电压过高 2. 电刷偏离中心线 3. 定子绕组有短路	1. 加装稳压器 2. 调整刷架复位 3. 检修或重绕
7	电动机转速变慢	1. 电源电压过低 2. 电刷偏离中心线 3. 换向器局部短路 4. 电枢绕组局部短路	1. 加装稳压器 2. 调整刷架复位 3. 检修加强绝缘 4. 检修加强绝缘

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
7	电动机转速变慢	5. 定子、电枢间有杂物 6. 轴承磨损、生锈或有杂物 7. 齿轮变速箱内有杂物或故障 8. 钻头进给压力过大	5. 清除杂物 6. 清除杂物、锈斑或更换轴承 7. 排除故障或杂物 8. 减轻进给压力
8	电钻（电动机）运转时噪声大或有撞击异声	1. 电刷太硬或弹簧压力过大 2. 换向器片不平或云母片凸出 3. 电刷尺寸过小或研磨不良 4. 电枢轴向游隙过大或轴弯 5. 轴承磨损或有杂物 6. 定子、电枢间有杂物或相擦 7. 定子或电枢绕组有短路接地 8. 齿轮变速箱有杂物或故障 9. 散热风叶松动或碰壳 10. 装配工艺不良	1. 更换适宜电刷或调整弹簧压力 2. 精加工换向器表面或修整云母槽 3. 更换电刷或重新研磨 4. 加垫圈或更换转轴 5. 去杂物清洗加新润滑油或换轴承 6. 清除杂物或检修碰擦故障 7. 检修或重绕 8. 检修磨损件，清洗或更换配件 9. 检修故障点 10. 检查原因重新装配
9	变速箱发热	1. 齿轮变速箱缺油或有杂物 2. 齿轮损坏或啮合过紧 3. 轴承缺油或油过稠或有杂物 4. 轴承配合过紧或磨损 5. 电枢轴或齿轮轴弯曲 6. 电动机过热传导引起	1. 清洗加油 2. 更换齿轮或调整啮合间隙 3. 清洗加新润滑油 4. 重新装配或更换轴承 5. 轻微弯曲校正，否则换新轴 6. 检修排除电机发热故障
10	电动机局部发热	1. 电源电压过低或过高 2. 定子、电枢铁心相擦 3. 电动机绕组受潮 4. 电枢绕组有轻微短路 5. 电枢绕组个别线头脱焊或接错 6. 电刷压力过大 7. 轴承磨损 8. 钻头刃口钝或进给压力过大 9. 钻头超过规格使电动机过载 10. 装配工艺不良 11. 连续工作时间过长	1. 调整或加装稳压器 2. 检修排除故障 3. 烘干处理 4. 检修故障点加强绝缘 5. 纠正重焊 6. 调整压力 7. 更换轴承 8. 研磨或减轻进给压力 9. 更换适用钻头 10. 检查重装配 11. 减少连续操作时间

第五节　其他单相串励电动机的电动工具检修

电动工具中除电钻之外，还有很多采用单相串励电动机为动力的轻便式机械化电动工具。使用电动工具要比手工工具可大幅减轻工人的劳动强度，而且还可提高加工的质量。因此，目前的电动工具已被广泛应用于国民经济的各个行业。

电动工具品种繁多，其应用广及机械制造、建筑行业、森林采伐以及农牧手工业等。电动工具除单独使用外，还可组合成台式，以扩展工作效能和提高工作效率；并以实现一机多用来适应各项作业。然而，电动工具电动机可参考第五章有关内容进行修理。下面仅就电动专用工具的结构特点，对其检修作补充介绍。

一、电动工具电动机的绕组接线

电动工具大致可分金属切削加工类、装配工具类、农牧森工类、建筑铁道工程类等。它们都采用单相串励电动机，虽属专用型式，但因结构不同，其机壳既有与工具连体设计，也有的具有单独的外壳。定子用硅钢片叠制，绕组为二极；电枢转子铁心用材与定子相同，电动机转子铁心与定子铁心配套有五套标准规格；电枢绕组则有三种典型接线。

1. 定子外径 $\phi56$、$\phi62$ 电枢绕组的接线

这两种规格均是 9 槽，转子结构属 B 类，即槽中心线 $0-n$ 与换向片中心线 $0'-K$ 重合，每槽元件数 $n=3$，电枢绕组是向右借偏 1 片接入换向器，如图 7-16 所示。

2. 定子外径 $\phi71$、$\phi82$ 电枢绕组的接线

此二规格转子也属 B 类结构的 11 槽电枢，每槽元件数 $n=3$，电枢绕组是向右（沿转向）方向借偏 1 片接入换向器。如图 7-17 所示。

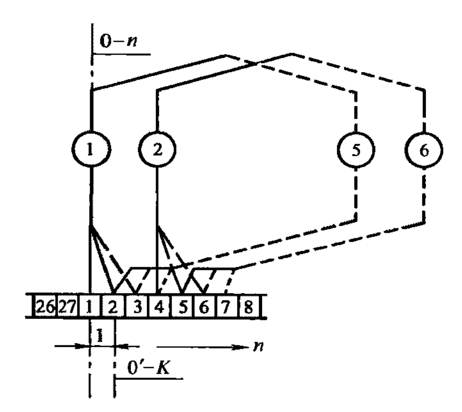


图 7-16　电动工具 $\phi56$、$\phi62$ 电枢绕组接线图

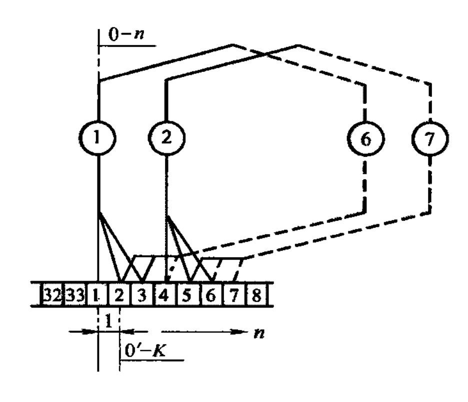


图 7-17　电动工具 $\phi71$、$\phi82$ 电枢绕组接线图

3. 定子外径 $\phi90$ 电枢绕组的接线

这是 19 槽的 B 类结构转子，每槽元件数 $n=2$，电枢绕组向右借偏 1.5 片接线，如

图 7-18 所示。

以上几例是国产电动工具的标准接线示例，供修理时参考。然而，由于厂家众多，而且外来产品也进入市场，电动工具的接线就不同于此。所以拆修时更要做好原始记录，按原样修复，才能避免失误而造成损失。

二、单相电动工具提升机械特性的稳速电路

根据串励电动机机械特性可知，转速 n 随转矩 T 的增加而迅速下降，工作效率也随之降低；而负载轻又会导致转速提高引起“飞车”损坏。为此，在某些电动工具中，会采用提升机械特性的稳速电路（见图 7-19）。这样，当负载增加时，串励电枢回路电流也增加，a 点电位提升，晶闸管导通角增大，反使电枢回路电压增高，从而极力维持转速不致过快下降；反之，负载极轻时，随着电流减小而 a 点电位下降，又能抑制转速上升。由此可见，此电路可在一定程度，改善电动工具的工作特性来达到提高生产率的目的。

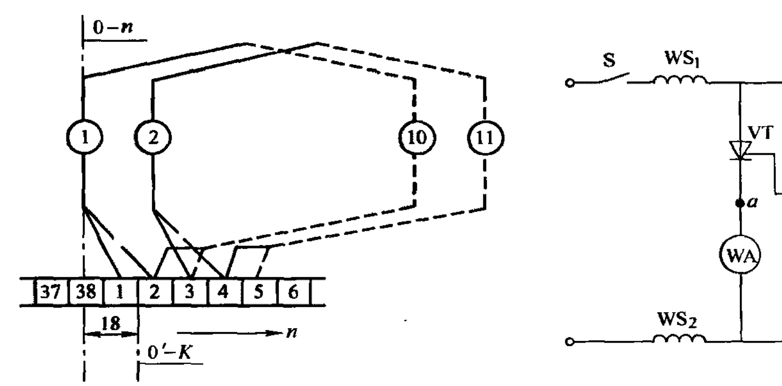


图 7-18 电动工具 ϕ90 电枢绕组接线图

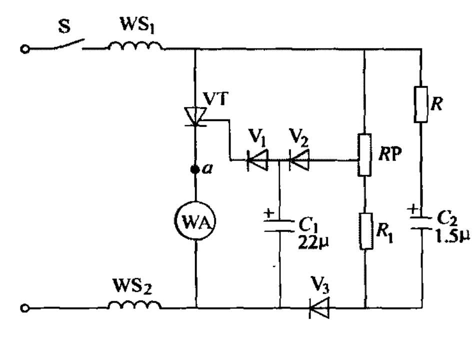


图 7-19 提升机械特性的稳速电路

除晶闸管外，通常是把稳速电路设计成一厚膜电路，并与开关一体化设计，即电路与开关装置成整体；另一种是把电子器件与开关装置分立组合在一起。前者便于整体封装，防尘、防潮及绝缘性能较好，可靠性也较高，但无论开关或电子元件损坏都要整体更换；而分装式则可分别进行局部更换或检修。

三、常用单相电动工具电动机的检修

（一）金属切削加工类电动工具的检修

它主要包括电剪刀、电冲剪、电动锯以及磨削加工的电动工具。

1. 电剪刀与电冲剪

电剪刀与电冲剪有上下刀片，工作原理基本相同，下刀片固定不动，上刀片由电动机经减速箱带动偏心轮、连杆机构作上下斜切往复运动的剪切作业。

电剪刀适用于剪切薄钢板、有色金属板、塑料薄板等板材。其优点是加工的变形小、质量高。

单相电剪刀与电冲剪型号、性能及电动机铁心、绕组数据见附录附表1-31。

单相剪切电动工具包括电剪刀、电冲剪及电动锯等，是对切割机床不便加工的大面积金属板材的局部剪切加工，或用气割难以加工的如不锈钢等不含碳的合金型钢进行切割加工。具有携带方便，操作简单，使用灵活，保证质量等优点。

单相剪切电动工具也由串励电动机作动力，通过齿轮减速，由偏心轮推动机头的往复运动进行切割加工。

剪切电动工具的机头要求灵活可靠，刀具刃口锋利，刀刃间隙依据加工件材料随时调整合适；同时又要求齿轮减速传动及往复运动机构保持灵活、清洁、完好，才能确保加工质量。剪切电动工具传动机构的常见故障及处理方法见表7-7，其电动机的常见故障可参见表7-6单相电钻电动机故障处理。

表7-7　单相剪切电动工具电动机和传动机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机各种故障现象	参见表7-6电钻常见故障处理	
2	锯条或工件振动	1. 导轮未靠紧锯条背部 2. 底板未贴平工件表面	1. 调整底板,使导轮紧靠锯条背部 2. 纠正贴平工件表面
3	齿轮箱外壳发热	1. 齿轮箱内润滑脂变质或严重缺油 2. 传动齿轮严重磨损 3. 传动机构有卡阻 4. 切割进给量或速度过多、过快	1. 清洗后更换优质润滑油脂 2. 更换传动齿轮对 3. 检修排除卡阻 4. 改进适当进给量与速度
4.	工具外壳带电	1. 电动机绕组绝缘破损 2. 绝缘受潮或线路局部泄漏 3. 没有妥善接地线保护	1. 检修加强绝缘 2. 检修更换导线或烘干处理 3. 加接保护接地线

2. 电动型材切割机

型材切割机主要由电动机、齿轮箱、圆片切割刀、防护罩及操作手柄等构成。它是利用圆片切割刀高速旋转与工件接触产生摩擦高温对工件进行切割。主要用于切割角钢、槽钢、水管、建材钢材及其它金属型材。它的动力形式有两种：一是用三相电动机，另一是单相串励电动机。电动切割机的型号、性能及电动机绕组参数见附表1-39，切割机在操作使用时出现的故障及检修方法见表7-8。

表 7-8 单相电动型材切割机常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	合上开关熔体爆断	1. 切割机电源线短路 2. 切割机开关内部严重短路	1. 找出故障点加强绝缘或更换电源线 2. 更换开关
2	接通电源电动机不转	1. 电源熔体烧断未接通 2. 开关触点接触不良 3. 电动机故障	1. 检查无短路、接地故障后接好熔体 2. 检修或更换开关 3. 参考 5-2 节内容检修电动机
3	电动机起动后圆片切割刀不转	1. 主轴轴齿断裂 2. 齿轮键截断 3. 圆片切割刀夹紧螺母松脱	1. 更换主轴 2. 检修并更换轴键 3. 紧固夹紧螺母
4	电动机工作中停转	1. 进刀过速 2. 开关接触不良或动作失灵	1. 减小进刀推力 2. 更换开关
5	切割机工作时振动噪声	1. 刀片变形或有缺口 2. 刀片装配不正 3. 刀片未夹紧 4. 齿轮箱内有零件损坏	1. 更换圆片切割刀 2. 重新校正装配 3. 重新夹紧 4. 检修齿轮箱并更换损坏的零件
6	机壳带电	1. 电动机绕组绝缘老化受潮 2. 带电导线裸露碰铁 3. 开关严重焦化接地	1. 参考 5-2 节检修电动机 2. 查出接地点加强绝缘 3. 更换开关

3. 单相电动角向磨光机

角向磨光机是一种装置成 90°转角的手提式砂轮机。它主要用于修磨和切割不锈钢等硬质金属的钢管、型材的小工件，以及清理工件的飞边毛刺等；也可对大型或形状复杂而机床不便加工的工件进行磨削。此外，换上专用砂轮还可用于切割石板、磁砖地板等建筑材料。

电动角向磨光机由电动机、锥形齿轮副、砂轮片、护罩、手柄以及开关等组成。其动力形式也有三相笼型异步电动机和单相串励电动机两种，但目前较多采用后者。它的优点是转速高，重量轻、功率大，当遇到过载时，其较软的工作特性对电动机起到一定的保护作用；但转速随负载增加而下降，却又导致其工作效率不高。

角向磨光机归属于砂磨切削类，工作过程极易扬起尘屑，使用环境极差，容易引发故障。对电动机故障一般可参照 5-2 节进行检修。角向磨光机常见故障及处理方法可参考表 7-9。

表 7-9　单相电动角向磨光机常见故障及处理方法

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	合上开关电动机不转	1. 电源断线 2. 开关失灵或接触不良 3. 电刷与换向器表面脱离接触 4. 电动机烧毁	1. 查出断点、修复 2. 修理或更换开关 3. 排除卡住原因，调整弹簧压力 4. 根据第五章检修或重绕电动机
2	工作时振动	1. 砂轮片外沿有崩裂 2. 砂轮片未夹紧 3. 电动机轴承严重磨损	1. 修整或更换砂轮片 2. 旋紧夹紧螺母 3. 检修电动机并更换轴承
3	开机后有异常响声且转速很慢	1. 机械部分卡住 2. 工作时轴向压力过大 3. 电刷与刷握配合过紧 4. 电源电压过低 5. 螺旋锥形齿轮损坏	1. 检查原因，排除卡点 2. 改进操作方法，避免轴向用力 3. 研磨电刷使之滑动灵活 4. 设法调高电源电压至额定值 5. 更换齿轮
4	机头（锥齿轮副部位）发热	1. 齿轮严重缺油或混入杂物 2. 齿轮移位造成啮合过紧 3. 齿轮过度磨损	1. 清洗检修并加油脂 2. 调整齿轮啮合 3. 更换齿轮副
5	换向器上产生很大火花	参考 5-2 节有关内容进行修理	

（二）装配类单相电动工具的检修

单相装配类电动工具有电动螺丝刀、电扳手等。其基本结构与电钻相似，但增加了冲击、过扭离合机构和电机正反转控制装置。因为电动螺丝刀与电扳手的工作头在紧固螺丝或螺帽到最后冲击旋紧瞬间，要求立即反转脱离传动机构，以免扭损加工件及操作者。这是装配电动工具不同于电钻的特殊结构，也是容易产生故障的机构。

工作头的离合机构有滚珠螺旋槽冲击式和牙嵌式安全离合器两种结构。电动机正反转向的控制电路如图 7-20 所示。

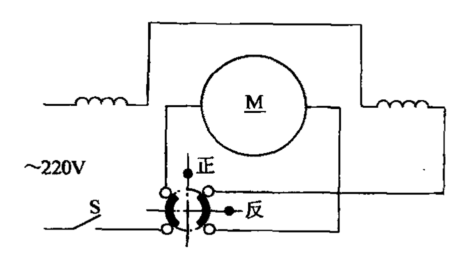


图 7-20　装配类电动工具正反转控制电路

装配类电动工具电动机的故障可参见表7-6电钻电动机处理；其特殊机构常见故障见表7-10。

表7-10 单相装配类电动工具电动机和特殊机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机不转等故障现象	1. 参见表7-6电钻电动机故障处理 2. 倒顺开关接触不良	检修或更换开关
2	工作头起动即停转	1. 主动轴人字槽有毛刺或杂物将冲击块卡死 2. 滚珠螺旋槽冲击机构的滚珠脱落 3. 滚珠胀簧弹性失效	1. 冲击块拆下清除毛刺或杂物，再用砂布打磨清除残屑 2. 配装滚珠 3. 更换弹簧
3	工作头扭矩不足	1. 从动冲击块磨损打滑 2. 工作弹簧张力降低	1. 按易损零件图加工更换 2. 更换弹簧
4	工作头剧烈振动	1. 推力轴承滚珠碎损、脱落 2. 主轴小头断裂	1. 更换轴承 2. 按易损零件图加工更换
5	工作头只能单转向	1. 倒顺开关接触不良或损坏 2. 倒顺开关接线松动或脱焊	1. 检修或更换开关 2. 重新焊接
6	工作头无规律断续运转	1. 电源开关接触不良 2. 电动机电刷接触不良或配合过紧 3. 倒顺开关接触不良	1. 检修或更换开关 2. 修磨电刷或改善配合 3. 检修或更换倒顺开关

（三）建筑工程类电动工具

1. 电锤及电动机的检修

电锤是将电动机的旋转运动变为以冲击运动为主，旋转为辅的建筑类电动工具，其功能类似于风动凿岩机。主要用于建筑工程中在地板、墙、柱等水泥混凝土或砖石结构的建筑构件上开槽、凿孔。

电锤由串励电动机、齿轮变速机构、曲柄连杆冲击机构、转钎机械过载保护装置及电源开关等组成。电动机有铝合金压铸成型的机壳，但定子铁心与外壳之间设置绝缘衬套，故属双绝缘结构。电锤的冲击机构是最易发生故障的部位。当冲击式电锤冲击棒连接的活塞与汽缸磨损后，不但工作效率降低，而且会导致冲击无力甚至停冲。所以，发现活动部件磨损、动作不灵时，应及时检修或更换新配件。表7-11是电锤电动机及冲

击机构常见故障及处理方法。供修理时参考。

表 7-11　单相冲击式电锤电动机和冲击机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	合上开关电动机不起动	1. 电源未接通 2. 接入开关的线头脱落 3. 开关接触不良或不动作 4. 电刷卡死或过度耗损 5. 电动机损坏	1. 检查熔断器及电源线是否断开 2. 检查并接牢 3. 检修或更换开关 4. 更换电刷 5. 参考 5-2 节检修电动机
2	电动机运转，工作头动作但无工效	1. 冲击头卡阻 2. 冲击头材质软而变形 3. 冲击头与冲击杆端面磨损 4. 连杆折断	1. 检修卡阻故障 2. 更换合格冲击头 3. 更换新配件 4. 更换连杆
3	电锤只有冲击不旋转	1. 传动直齿轮断齿 2. 锥齿轮半月键脱落 3. 锥齿轮副有断齿 4. 六方套或转套配合过紧 5. 转套混合灰尘且缺油	1. 检修并更换直齿轮 2. 检修重配新键 3. 更换齿轮 4. 重新配套 5. 检修清洗后注油
4	工作头只旋转不冲击或冲击无力	1. 冲击活塞卡阻 2. 钻杆太长或推压力过大 3. 装配工艺不良 4. 偏心连杆小齿轮损坏 5. 偏心轴截断 6. 气缸缺油导致卡缸 7. 冲击活塞的 O 型密封圈损坏	1. 检修卡阻故障 2. 更换钻杆或改进操作方法 3. 重新精工装配 4. 更换小齿轮 5. 更换偏心轮机构 6. 检修重配气缸套并注油 7. 更换 O 型密封圈
5	电锤前端法兰盘发热	1. 操作不当使冲击孔歪斜卡阻冲击杆 2. 冲击杆活动受阻或杆头损坏 3. 活塞与缸壁间磨损或缺油 4. 轴承缺油或油质不良 5. 轴承损坏或严重磨损	1. 改进操作方法 2. 检修或更换冲击杆 3. 检修搪缸或换新活塞，加注新润滑油 4. 清洗后加注新油 5. 更换轴承
6	电动机换向器与电刷间火花过大	参考 5-2 节有关内容进行处理	

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
7	电动机过热	1. 负载过大 2. 钻头冲击刃变钝 3. 轴承磨损过度或损坏造成转子拖底 4. 电锤各活动部位缺油 5. 检修后装配质量不合格 6. 电动机绕组有故障 7. 电源电压过低	1. 操作时不要推压过猛 2. 磨锐冲击刃或更换钻头 3. 更换轴承 4. 检修清洗并加油 5. 重新装配 6. 参考5-2节检查并排除故障 7. 调整电压
8	操作时麻电	1. 保护接地线断路或不合格 2. 电动机或导线绝缘长期受潮或破损碰壳	1. 检修可靠接地，接地电阻应不大于0.25Ω 2. 烘干处理，检修更换故障导线；电动机烘干后用摇表检测绝缘电阻应大于2MΩ

2. 插入式混凝土振动器的检修

混凝土振动器普遍应用于建筑工程，它的种类繁多，性能各异，而且较多制成用三相电动机为动力源。下面介绍混凝土浇注时使用的ZP型插入式振动器。它是采用单相高频串励电动机为动力的小型振动器，其振动子是密封式的圆柱棒状。工作时前端插入刚浇注的混凝土浆中，振动棒内是一根由两只轴承支承的偏心轴，另（上）端通过软轴与电动机相连。电动机运转时带动偏心轴在棒内高速旋转而产生振动，将振动棒周围的混凝土捣实。但使用时振动棒插入深度不宜超过棒体长度的2/3～3/4，否则容易造成损坏。

这种振动器采用单相高频串励电动机，因无逆转可能而无需防逆装置，而高达14000r/min的高速可免增速器，这都优于三相电动机，而大大简化了结构，降低了成本；唯独受到电动机本身功率的限制，只能用于较小的功率等级。表7-12是插入式振动器常见故障及处理方法。

表7-12　插入式振动器单相串励电动机及振动子常见故障

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	合上开关电动机不转	1. 电源实未接通 2. 开关损坏或接触不良 3. 电刷与换向器接触不良或电刷卡住 4. 电机轴承严重磨损或损坏 5. 电动机烧毁	1. 检查熔断器及线路是否通路 2. 检修或更换开关 3. 更换研磨电刷使其滑动自如 4. 更换轴承 5. 更换或重绕电动机

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
2	电动机运转但振动棒不起振	1. 软轴折断 2. 振动棒内轴承锈蚀或损坏 3. 偏心轴腔内有杂物卡住 4. 软轴连接机构的键销松脱	1. 检修或更换软轴 2. 更换轴承 3. 拆开清洗并清除卡阻物 4. 重新配装键销
3	电动机起动后软管抖动很厉害	1. 软轴损坏严重 2. 软管损坏或衬簧不平	1. 更换软轴 2. 更换软管
4	电动机运转温升过热	1. 电源电压过低或过高 2. 电动机绕组故障 3. 电机轴承摩擦过度或缺油 4. 超越工作制使用或连续工作时间过长	1. 调整电压为额定输出 2. 根据5-2节检修或更换电机 3. 检修清洗轴承后注油或更换轴承 4. 按规定工作制运行，或减少连续运转时间
5	电动机运转时有异常噪声	1. 电机轴承缺油严重磨损 2. 电动机轴窜过大或轴弯 3. 换向器云母片凸出 4. 电刷尺寸过小，晃动过大	1. 更换新轴承 2. 调整轴窜或换轴 3. 修整云母片槽 4. 更换新电刷并研磨符合尺寸

（四）单相木工电动工具电动机的故障检修

木工电动工具的电动机有三相、单相及中频三相电动机。采用单相串励电动机的木工电动工具有电刨、电圆锯和电动磨光机等，适用于木材、木器从粗加工锯刨木材，以及精加工开锯接榫或刨光木料，工效高，质量好，大大减轻劳动强度。

木工电动工具由电动机、传动机构、工作头刃具（圆锯片、组合刨刀、细砂轮）及保护罩等组成，结构紧凑，而电动机基本上独立安装，保养检修较为方便。

单相木工电动工具电动机和传动机构的常见故障及处理方法见表7-13。

表7-13 单相木工电动工具电动机和传动机构的常见故障及处理

序号	故障现象	故障原因	处理方法
1	电动机各种故障现象	参见5-2节串励电动机修理	
2	电动机运转，但刃具不转	1. 主轴断裂 2. 传动轴键销切断 3. 圆锯变速箱齿轮有断齿 4. 电刨传动皮带松滑或脱落	1. 加工更换主轴 2. 重加工键销 3. 更换齿轮 4. 安装调整传动皮带适度配合

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
3	电动机、刃具均停转	1. 工件进给量及推压力过大 2. 木碎料卡阻	1. 适当减少进给量和推压力 2. 排除卡阻物检修
4	工具运行时振动大	1. 刃具磨钝或松动 2. 刀轴上锯刃或刨刀宽度不一致 3. 电刨刀轴固定螺丝规格不一致，有埋头凸出 4. 圆锯齿轮箱安装配合不良或有部分零件磨损松动 5. 电刨传动皮带过紧	1. 修磨或更换刃具并紧固 2. 修磨或调整刃具 3. 更换统一规格螺丝，使埋头平贴 4. 改进配合，更换磨损零件紧固 5. 调整适当配合
5	电动机、工具外壳发热	1. 刃具磨钝增加切削阻力 2. 木屑卡阻 3. 切削工件进给量过大或过快而增加电动机负载 4. 轴承损坏或严重缺油发热波及工具壳体	1. 修磨或更换刃具 2. 清除木屑 3. 减少切削进给量或减慢推进速度和压力 4. 检查清洗轴承或更换轴承并加注新润滑油
6	空载转速不正常，负载时停转	1. 圆锯齿轮变速传动机构装配不良 2. 转轴断裂或齿轮齿损坏	1. 校正重新调整轴线精细装配 2. 更换转轴或齿轮
7	工具运行时有异常噪声	1. 圆锯齿轮箱内混入杂物 2. 圆锯齿轮箱有个别齿轮断齿 3. 传动机构有零件严重磨损 4. 电刨前后底板安装不平或松动 5. 电刨刀刃磨钝严重 6. 电刨传动带过紧 7. 木屑料有卡阻	1. 去除杂物后清洗重加新润滑油 2. 更换新齿轮 3. 更换损坏零件 4. 调整重新安装紧固 5. 修磨或更换刨刀 6. 调整传动带适当配合 7. 检查清除卡阻原因
8	工具空载时转速慢	1. 电源电压过低 2. 传动机构装配不良 3. 传动机构有零件损坏 4. 电动机电枢绕组局部短路	1. 加装稳压器 2. 检查重新装配 3. 更换损坏零件 4. 参见序号 1 项检修

（续）

序号	故障现象	故障原因	处理方法
9	工具负载时转速变慢	1. 工件进给量过大 2. 刃具磨钝或松动 3. 选用刨削参数不适当 4. 电刨传动带过松	1. 减少进给量 2. 修磨更换刃具或紧固 3. 根据加工木料材质正确选用刨削量 4. 调整传动带配合或换新传动带
10	工件加工质量差	1. 电刨刨刀刀刃磨钝 2. 刀刃调整不良，刀刃切削深度不一致 3. 电刨前后底板不平 4. 圆锯刃口磨钝	1. 修磨或更换刨刀 2. 调整对准刃口使各刃口切削量一致 3. 调整研磨底板，使前后底板同一水平面 4. 修磨刃口或换圆锯

第八章　单相电动机重绕修理的质量检查与试验

重绕电动机的检测和试验是重绕修理质量的基本依据。重绕电动机的检验分半成品和成品检验。半成品检验是在浸漆之前进行，成品检验则在浸漆烘干之后。至于采用何种检验型式则要根据各自情况决定，修理车间可用自检和互检结合；但成品检验必须由专职检验员检验。

第一节　重绕电动机质量的基本检查

重绕电机绕组半成品与成品的检验项目大致相同，但检验标准有区别。基本检查项目如下：

一、外观检查

1. 绕组端部与机座、端盖不能有碰触，而且要保持4~7mm的绝缘距离；
2. 线圈绝缘纸的衬垫部位正确而无走偏，并要求各部分绝缘纸稍高出线匝，但不得高于铁心；
3. 绑扎线、槽楔应低于铁心；槽楔要紧密，不能过分松动，而且无开裂、扭曲现象，否则要更换槽楔；
4. 槽口绝缘纸不应有破损、开裂，如有缺陷，应补垫以加强绝缘；
5. 绕组接线头应无错接、漏接；线头绝缘套管无破损，无松脱；
6. 绕组端部各线圈整齐划一并呈喇叭形；
7. 定子各部位无残存铜线、锡粒及杂物遗落。

二、绕组绝缘电阻检测

绝缘电阻是电机绕组之间或绕组对地（机座）隔电性能好坏的标准，单相电动机一般用500V绝缘电阻表（MΩ表）检测。测量前让仪表两极棒开路，摇转手柄时指针应向“∝”处偏转，其指示值应大于500MΩ；然后把两极棒短接，轻摇仪表手柄则指针归零。这样，说明仪表工作正常，绝缘检测可以开始。

（1）绝缘电阻表接线与检测　绝缘电阻表有三个接线端，其中“L”称线路端，测量电机绝缘时接绕组；“E”称接地端，测量电机时接到铁心或与之相通的金属体，如转轴、金属外壳等；此外还有一个“G”端，称保护端，测量单相电动机时不用，但测量高压电机或功率很大的电机、电缆时使用。

当检测接线完成后，以120r/min的均匀速度摇转手柄，并读取1min时的电阻数据。

（2）电机绕组对地绝缘　电机绕组对地绝缘是检查绕组是否有接地故障，其接线

如前面所述。无论是半成品或成品（经烘干后）冷态时的绝缘电阻都应大于5MΩ。

（3）单相电机相间绝缘　这里所指的相间是主绕组与副绕组、主绕组与调速绕组或副绕组与调速绕组之间的绝缘。测量时绝缘电阻表的“L”、“E”端分别接到被检测的两绕组，冷态电阻要求大于5MΩ为合格，否则应进行烘干和必要的绝缘处理。通常，相间绝缘检查在接线之前进行，接线之后的半成品或成品就不作此项，而只有在检验中出现问题才将各绕组从连接点分开，独立出来后再作相间检测。

三、绕组直流电阻测定

绕组直流电阻检测在冷态下进行，测量方法有间接测量法和直接测量法两种。间接测量是用电压降法，它适用于绕组电阻较小的大型电动机；而单相电动机功率很小，绕组的导线较细且匝数多，每相绕组的电阻都比较大，所以一般都采用直接法用欧姆表或万用表的欧姆挡来测量。

由于单相电动机绕组大多由参数不同的主、副绕组构成，所以不存在三相绕组电阻必须严格相等的要求，而只能将测得的数据与原始数据或相关资料作对比，重绕后的电阻值会有一定的偏差，其原因可能是铜线材质所致，也可能是线模设计误差致使线圈总匝长改变而造成；但若相差较大则要对线圈匝数进行复查。实测电阻应记录存档备查。对正反转运行的洗衣机用电动机，因主、副绕组的线径和匝数相同，故测得的两相绕组电阻值应相等，否则会造成正反转工作性能不同，为此，要求其偏差值K_R满足于下式：

$$K_R = \frac{2(R_m - R_a)}{R_m + R_a} \leqslant \pm 2\%$$

式中　R_m——洗衣机电动机主绕组电阻（Ω）；

R_a——洗衣机电动机副绕组电阻（Ω）。

如果实测电阻与原始数据相差较远，应对绕组匝数复查确认；或对接点虚焊、匝间短路的可能故障进行复检。

至此，重绕电动机的基本质检完成，下面是对电动机进行装配，完成后再用绝缘电阻表检查，以确认没有因装配过程造成碰壳或机械损伤。

第二节　单相电动机试验与试车

重绕电动机经安装、复检后，为了进一步提高其安全性及确保技术性能指标，通常还需增加一些必要的通电试验项目。

一、绕组耐压试验

此项是针对主、副绕组之间，或绕组对地（机壳）之间的绝缘强度试验。是试验检查电动机绝缘及嵌线质量最可靠的保证，也是对电动机主绝缘是否存在局部缺陷的考核。

1. 耐压试验的接线

成品电动机若引出三根出线时，其公共点是内接而不便拆开，这时耐压试验只做绕组对机壳的试验。试验线路如图8-1所示。即“L”端接到绕组一端；“E”端接到单相

电动机金属外壳。如果单相电动机主、副绕组公共点是外接的，引出线为4根，这时相间耐压试验可把“L”与“E”端分别接到主、副绕组一端，同时再把“E”点与外壳相连。

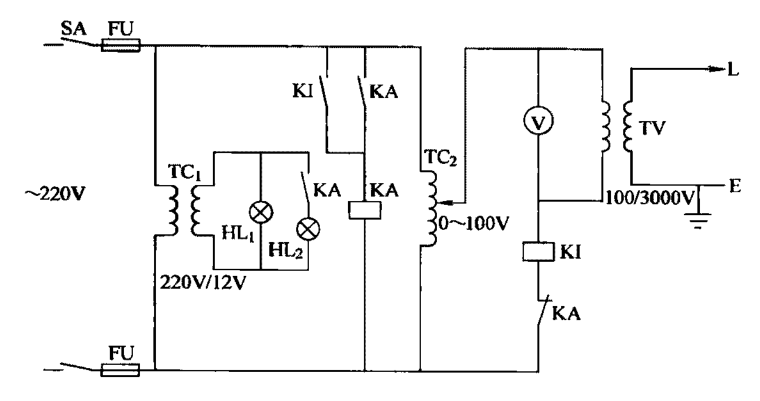


图 8-1　电机绕组耐压试验线路

HL_1—电源接通指示绿灯　HL_2—绝缘击穿指示红灯　KA—中间继电器

KI—电流继电器　TC_1—降压变压器　TC_2—调压器　TV—电压互感器

2. 耐压试验方法与标准

耐压试验线路中，TC_2 是试验电压调压器，通过改变电压互感器 TV 的一次电压来控制其试验电压的高低，而电压表 V 是按 TV 的变比换算刻度，使之可以直读试验电压。试验时，施加的电压应从试验电压全值的50%开始，然后逐渐或分段增加，但上升到耐压全值的时间不得小于10s，并在全值电压处维持1min不击穿为合格。然后迅速将电压降至试验电压值的一半以下再断开试验电源。

如果试验中因绕组缺陷而击穿（短路），反映到一次的电流增大而使电流继电器 KI 动作，中间继电器 KA 获电自保的瞬间，断开电压互感器一次电路，则耐压试验中止。这时为确保安全，也要把调压器复零，再断开试验电源。

单相电动机耐压试验标准见表8-1。

表 8-1　单相电动机绕组（对地、相间）耐压试验标准

试验阶段	电机规格	1min 耐压/V
新绕组半成品	1kW 以下重绕定子绕组	1200
	1kW 及以上重绕定子绕组	1700
新绕组成品	1kW 以下重绕定子绕组	1000
	1kW 及以上重绕定子绕组	1500

单相串励电动机有不同的绝缘要求。例如一般用途的系列电动机，主要应用于工业设施，对安全没有特殊要求，故按基本绝缘设计；如与人体经常接触的电动工具用电动机，通常就要采用双重绝缘（在基本绝缘基础上附加绝缘）；对某些要求更特殊的电动

机，则用加强绝缘。因此，耐压的要求也不相同。其耐压标准见表 8-2。

表 8-2　单相串励电动机耐压试验标准

绝缘类别	施加试验电压部位	1min 耐压/V
基本绝缘	定子绕组与铁心之间 转子电枢(包括绕组和换向器)之间	1250
附加绝缘	定子铁心与外壳之间 转子铁心与转轴之间	2500
加强绝缘	换向器(包括绕组)与转轴之间 电刷盒金属衬套与外壳之间	3750

二、电动机空载试验

通过前面各项检测及耐压试验后，电动机便可进行通电的空载试验。此项试验是不带任何负载的条件下，接入铭牌规定的额定电压，电动机起动并稳定转速后测取空载电流，空转 15～20min 后，再测空载电流应无明显变化。

1. 单相电动机空载试验线路

对一般修理工厂而言，通过空载试验的电动机运行状态来检验装配质量。通常采用接线比较简单的电流、功率表前接法的单相测量电路，如图 8-2 所示。

2. 单相电动机的空载电流

单相电动机的空载电流无定值，一般来说，微小功率的电动机空载电流比率较大，但并不呈线性关系，有的甚至还超过额定电流。所以测量的空载电流仅作为重绕修理质检的对照参考。空载电流的设计值可从产品说明书或有关资料中查取，如无法查到，不妨参考表 8-3 的比值作出对比。如果实测的空载电流不超出表中相应范围则应视为正常。

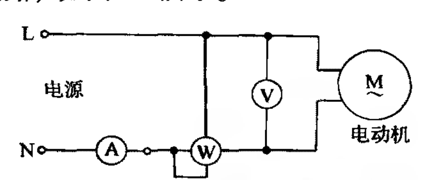


图 8-2　单相电动机空载试验接线图

表 8-3　单相电动机空载电流与额定电流比值（I_0/I_N）

电机类型	分相起动		电容起动		电容运转	
极数	2 极	4 极	2 极	4 极	2 极	4 极
功率/W	60～400	40～400	180～750	180～800	40～180	40～180
I_0/I_N	0.46～0.87	0.65～0.90	0.49～0.77	0.57～0.89	0.66～1.18	1.04～1.27

单相电动机中，电容运转电动机实属两相电动机，接通交流电源后其主绕组呈感性，负载时电流 I_m 滞后于电压 α 角，而副绕组与电容器串联而呈容性，其电流 I_α 超前于电压 β 角，即负载时（$\alpha+\beta$）$=90°$，电动机工作于最佳状态。若电动机处于空载运

行则（$\alpha+\beta$）$>90°$，主、副绕组运行呈不对称状态，这时虽然主绕组阻抗很大而电流很小，但副绕组则相反，使得电流大增，从而使电动机合成的空载电流也大大增加，甚至可能超过额定电流值。因此，电容运转电动机空载运行会很快发热而造成绕组过热损毁。所以，电容运转电动机空载试验时，在副绕组（电容接线端）串入开关，测得空载电流后即断开副绕组回路，再量取并记录电动机（主）绕组的空载电流，并以此与分相起动电动机的空载电流作比较。

3. 检查转向与转速

（1）单相电动机的转向　单相电动机旋转方向为主、副绕组的位置安排和电流极性有关，重绕嵌线就应关注，并应在接线时参考图3-6设定转向进行。而单相新系列电动机设计时是固定的，即从轴伸端视向，转子为顺时针旋转，故其转向易于确定；但其他各种家用电器的电动机转向是由厂家设计决定的，重绕后难免会出现反向，这时可采取改接来补救。改接不难，只要把副绕组的两个线头对调接线即可。但若单相电动机只有3根引出线，则主、副绕组的公共点接在机内，这样就要拆开电机端盖，把公共点找到并解开，将副绕组的线头引出，再把原引出的副绕组出线点接为公共点即可改变旋转方向。

（2）测量转速　单相电动机中，除串励式之外，一般是指异步电动机，它的极数直接决定转速。目前单相电动机产品主要是二极和四极，六极很少，所以对应其转速是2850r/min或1400r/min，另外，还有变极及抽头调速等，其转速都要通过测量取得并记录在案。转速测量一般是用转速表对轴心推压直接测取读数。但由于这种测量方法要对电机轴向产生压力，将严重影响小功率电动机转速测量的准确度，甚至可能导致电动机停转，所以对功率小的电机宜用“无接触式闪光测速仪”进行检测。

目前应用广泛的抽头调速电动机，其转速与负载密切关联，空载时不能实现变速，测到的仅是空载转速，如要测量各挡位的转速，则必须把风叶装好后才能检测各挡转速。

电容运转电动机不宜作长时间空转，原因在于前述，所以电容运转电动机空载试验时，应在副绕组（电容）回路中串接临时开关，当参数测毕即断开副绕组作空载运行。电容起动电动机的副绕组是不参与运行的，其设计并不适宜长期通电，故在起动后要自动断开副绕组回路。所以，起动开关也是试验中的重点项目。判断其好坏是在副绕组中串入一只交流电流表，量程约3~5倍电动机额定电流，起动后电流表指示变为零，即表示开关能断开，属正常。

此外，空载试验中还应观察，如轴承不发热且无杂音，转速平衡无明显振动，经15~20min试车，温度无大变化时则视为合格。至此，单相电动机重绕程序中，从拆线记录到质检试车，整个工艺过程全部完成。

电动机重绕试验项目还有短路（堵转）试验、超速试验、温升试验、过载能力试验、起动转矩试验、效率测定试验、振动和噪声试验以及转子动平衡试验等。这些都需专用设备进行，一般要在研究机构或大型先进的修理厂才具备试验条件，故在此不作介绍。

第三节　提高单相电动机重绕质量

一、确保重绕电动机性能的措施

1. 严格控制重绕参数

电动机重绕参数正确与否与修理质量有密切关系。所以，拆线时必须做好原始数据的记录，单相电动机可按表3-7填写记录，单相串励电动机则按表5-2记录。

一般来说，如果电动机是第一次损坏，修理时必须严格按绕组的原始数据重绕（除非用户提出特殊的改性要求）。在计算线圈匝数时，应多算几只线圈以资核对，特别对同心式线圈，一定要数清各线圈匝数来判断是否是正弦绕组。

对曾经修理过的电动机，也必须记录原始数据，以备查阅，利于作出对照比较，从而确定合理的改进方案。

2. 适时合理调整重绕参数

由于电动机性能与各参数有相当复杂的相关联系，当绕组参数发生误差时，可能影响电动机的运行性能，有可能导致不能正常工作。因此，必须重视半成品检验，在未浸漆之前做空载试验，有条件最好也做堵转试验，从而及早发现绕组的隐患。此外，根据具体缺陷和不足，参照3-5节进行调整。

3. 正确执行重绕工艺

电动机重绕修理要重点关注如下工艺要点：

（1）旧线圈的拆除　拆除旧线圈的最好办法是采用专用工具拉拔。一般要先将线圈一端贴着铁心槽口整齐切断，然后用专用的拆线机在另一端把线圈拉出。但对短型铁心（叠厚约为内径80%以下）也可将铁心垫好，用与槽形相似但截面略小的冲子把线圈打出。对叠厚较大的电动机则不宜采用冲打法退线，也不宜用碱液浸煮腐蚀法。如无专用工具，则可将电动机加热后从槽口退出线匝，但加热温度不得超过250℃。切忌用火直接烧烤。

（2）铁心滑槽与修整　定子槽内杂物必须清理干净，清理时清槽刮钩要将粘附在槽壁的残留绝缘纸刮出。但操作不要用力过猛，以免形成毛刺造成铁心硅钢片短路，或端部叠片松散张开而使铁损增加。若槽口变形，可用专用工具进行校正；对松开的端面冲片槽齿，可涂上绝缘漆后压平烘干。

如果铁心冲片损坏，要用相同规格的冲片更换，以保持电动机功效因数不致降低。

（3）线圈的绕嵌　线圈必须按正确的型式和参数绕制，线模设计时，要在不影响嵌线的条件下尽量缩短线圈端部，以减少杂散损耗。另外，为使嵌线顺利，线圈绕制时要拉力均匀并排列整齐。

线圈嵌入前要进行有效边线匝疏理顺直，以避免槽内导线交叉而形成匝间短路的隐患。嵌线时要注意端部的整形，线圈嵌入后，使接线端伸出稍短，并注意端部整齐，然后将端部适当下压，注意组间绝缘不要走偏。

端部的整形可用橡胶锤再衬垫绝缘纸敲出喇叭口，但严禁用硬质棒、锤敲击。

（4）绝缘漆浸烘　单相电动机绕组的浸漆和烘干可参照三相低压电动机绝缘工艺进行，但对高速旋转的单相串励电枢，宜选用无溶剂环氧树脂漆浸渍，可防止电枢绕组挂漆不匀和机械强度不足而受离心力作用引起匝间短路。

4. 采用正确的装配工艺

为确保单相电动机的运行性能，应注意装配质量。

（1）定转子（电枢）装配气隙　小功率电动机的气隙一般都很小。为了确保装配后的气隙均匀，对磨损或变形的电动机端盖必须加工修正，加工工艺应确保其同心度；为避免过大的累计误差造成气隙偏心，要求端盖止口配合公差为$^{+0.03}_{+0.06}$mm。此外，装配后的定子和转子（电枢）铁心应对齐，以免空载电流增加。

（2）轴承装配　由于单相电动机功率较小，机械摩擦损耗也是影响电动机效率的明显因素之一，因此，滚动轴承必须完好无损，转动灵活自如。配装时宜用均匀压入法，内孔与轴的装配过盈量不宜过大，外圈外轴承座孔配合则不宜过松，以能滑移合适。轴承润滑脂必须纯净清洁，添加量要适宜。

家用电器的电动机轴承常用含油滑动轴承，可避免过大的噪声。其装配松紧不易量度测定，因此，对如电风扇等小功率的电动机轴承，装配时可采取下面的检验方法：将轴承套入轴上，当转轴垂直时，轴承应不会自行滑下，但用手一碰即能移动为配合公差适宜。

二、降低单相电动机能耗的措施

由于家电普及，生活用电的消耗已占能耗中的一定比例，家用电动机节能具有很大经济意义。因此，在单相家用电动机修理中，如何采取节能措施也是电修工作的一项任务。通常采用的节能措施有：

1. 降低电动机损耗

降低损耗是提高单相电动机效率的主要途径。其具体方法是：

（1）采用新型绝缘材料　由于新型绝缘材料的耐温等级提高，其绝缘厚度可相对减小，线径相应增加，电流密度和绕组直流电阻也相应减小，从面也降低电动机的铜耗。目前，国外已采用F级标准绝缘材料替代B级绝缘材料，我国则实施普用B级绝缘，但修理中可选用MDB复合槽楔取代竹楔，以保持槽满率不变的前提下增加导线截面积，同样可使铜耗降低。

（2）合理提高铁心磁密值　如有条件，最好通过铁心质量鉴定试验，充分地利用铁心材料的电磁性能，合理提高磁密值，使每相绕组串联匝数相应减少，以降低铜耗。但随之而来会引起铁损增加和功率因数下降，故要权衡得失实施。

（3）合理缩短线圈端部尺寸　电动机绕组线圈端部是槽中有效边的连线，其长短对电磁交换性能虽没有影响，但端部长则线圈电阻增大，铜耗增加。因此，在不影响嵌线困难的前提下，尽量缩短线圈端部，既减少铜耗，又提高效率。

（4）选用先进的绕组型式　正弦绕组的绕组系数较高，性能优越，重绕时改用正弦绕组方案，可在减少串联匝数的同时，增加线径，从而降低铜耗。此外，当每极线圈数较少时，也可采用缩短节距的特殊布线型式，如单双层混合同心式、非正交布线式等，都可使线圈电阻减小而达到降低铜耗的目的。

2. 变速节能

单相电动机应用于风扇或通风机时，具有转矩与转速平方成正比；功率与转速立方成正比的特性，一般采用特殊的降压调速运行，也能达到降压节能。因此，重绕时可考虑对单速的电扇改绕成节能调速电扇。

电扇的调速方式有多种。一般来说，采用抽头式调速除可降压节能外，还有无须附加其他部件及用料最省等优点。主绕组串并联调速比抽头调速的节能效果更好，但导线截面积要细一半而匝数多一倍，使线材成本与工艺相应增加，而且使用的调速开关尚未有通用产品。串联双电容的调速线路最为简单，节能效果也较好，但改制成本较高。

3. 罩极电动机的改绕节能

罩极电动机结构简单，造价低廉，所以早年的家用电器如吊扇、鼓风机等都采用这种型式。但由于罩极电动机的起动绕组在运行中始终处于短路状态，使运行电流增加，效率很低。为此，对多极吊扇及分布式绕组的罩极电动机重绕时，可考虑去除短路线圈，改绕为电容电动机。改绕数据可参考原绕组的电磁参数及铁心进行计算。对分布式罩极电动机改为正弦绕组后，无论运行性能及节能效益都会得到较好的效果。但改绕后必须增配分相电容器。

4. 降低机械损耗

（1）减少机械摩擦损耗　主要是改善轴承的润滑条件，通常是选用优质轴承润滑脂，如采用#2锂基脂，并严格控制润滑脂的注加量，即添油量为轴承室的1/2（二极电机）~2/3（四极以上电机）。

（2）减少风摩损耗　对单相串励电动机等带有自扇散热的老式风扇，若电动机是单转向工作的，可改用比原来小一号的螺旋式新型风叶，也可降低电动机若干风摩损耗而提高运行效率。

三、改进修理工艺和装备

1. 改进浸漆工艺技术

电动机绕组常用1032三聚氰胺醇酸漆进行绝缘浸渍。由于漆中含有50%以上的溶剂，干燥过程会污染环境，而且烘燥周期长，浪费电力能源。另外，对高转速的电枢转子，这种漆的机械强度不足，因此在电动机修理中对电枢绕组宜用无溶剂漆滴浸的新工艺。

无溶剂滴浸工艺的优点：

（1）减少环境污染，改善劳动条件；

（2）挥发物极少，可采用加热效率较高又耗电省的绕组通电加热干燥工艺；

（3）绝缘处理周期短，生产效率高，节能效果显著；

（4）渗透性好，流失率低，便于实施自动化浸渍工艺；

（5）机械强度高，适宜高转速的单相串励电枢采用。

无溶剂漆浸渍工艺可见本章第四节叙述。

2. 改进电动机修理专用工具

单相和家用电动机的壳体及端盖都较单薄，特别是用机械强度较低的铝质外壳时，采用不正确的拆装方法都会造成壳体或端盖变形。所以检修中要使用专用工具拆装，尽

量避免敲打。

一般电修工具多为检修较大电动机而设计的通用工具，对小型和微电机装配的适应性较差，故可设计一些简单的专用工具。例如，拆卸电动机管形轴承时，可参考电扇修理中的一些简易工具选用；其他拆装则根据具体情况进行改进，或制作出适合的专用工具。

3. 装备简易仪器进行检测

由于单相及家用电动机的修理一般都缺乏成套的检测设备，为保证检修质量，通常须自制一些简易的检测仪器作为质检手段。下面介绍几例，以供参考。

（1）单相电动机绝缘耐压简易测试器　测试器线路结构如图 8-3 所示。试验电压经两级变压器调升后可高达 2000V。检测时输出端 E 接地（电动机金属外壳），L 端接被测试的电动机绕组；将调压器 TV 旋臂置于“0”位，合上开关后起动接触器 KM，缓慢调升电压至规定的耐压值，并停留 1min；然后按相反的程序断开电源。

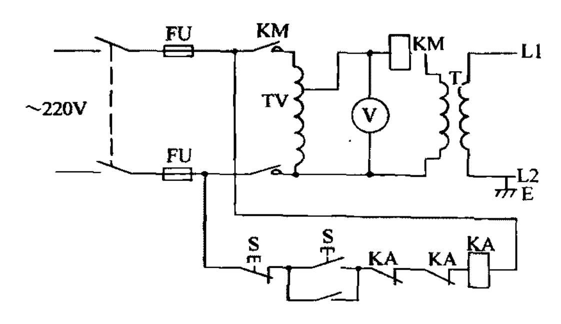


图 8-3　电动机绝缘耐压简易测试器线路

FU—熔断器　KM—交流接触器　KA—电流继电器　E—输出接地端

V—交流电压表（用 250V 电压表改制表面刻度盘为 2500V 读数）

TV—调压器　T—升压变压器（250/2500V）

这种简易测试器使用方便，结构简单，一般电修部门都可自行装配制作。

（2）电容漏电测试器　电容漏电情况常用万用表估计。但由于单相电动机所用的电容器电压较高，用表内低压电池测试不能真实地反映漏电情况。这时可用图 8-4 所示的电容漏电测试器进行检测。

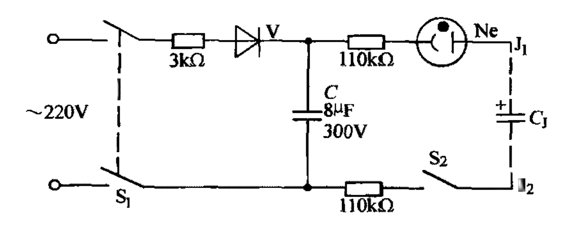


图 8-4　电容漏电简易测试器线路

Ne—氖管　V—二极管，100μA，600V，　C_J—被测电容器

S_1—电源开关　S_2—测试开关

检测时将电容器接入 J_1、J_2 端，再分别接通电源及检测开关 S_1、S_2，氖管向电容器 C_1 充电并发出辉光，随着电容器端电压上升，氖管端电压则下降，直至熄灭而停充。但电容器则通过自身的漏电电阻放电，当端电压降低的同时，氖管电压回升，当电压超过起辉电压，氖管又重新辉光。如此反复闪烁。如漏电愈严重，其闪烁频率也愈高。

调试前，可先用各种规格的标准电容器接入试测，将闪烁周期的时间列成表格，备作检测时对照。当被测电容器的闪烁周期较标准周期缩短 30% ~50% 时，可认为此件不宜使用。

（3）电容器容量测算器　电动机分相电容器使用日久变值失效或铭牌脱落，可用图 8-5 的线路进行测算。测试时将电容器接于 J_1、J_2 端，合上电源开关后，按下点动按钮 S，并同时读出电流表和电压表数值，随即断开电源。然后由下式算出电容器实际容量（μF）：

$$C_J = 3180 \frac{I}{U}$$

式中　I——交流电流表读数（A）；

U——交流电压表读数（V）。

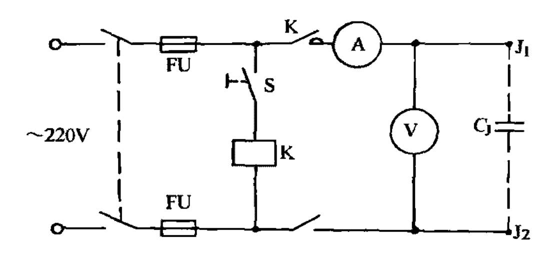


图 8-5　电容器容量测试器线路

FU—熔断器　S—点动按钮　K—继电器（220V，10A）　C_J—被测电容器

当电容器的实际容量小于铭牌值的一半时，说明该电容器已失效，应予换新电容器。

附　　录

附表 1　JX 系列单相电容运转异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	功率/W	满载电流/A		转速/(r/min)	电压/V	定子铁心				气隙	槽数		主绕组				副绕组				电容器	
		主绕组	副绕组			外径	内径	轭高	叠厚		定子	转子	线径/mm	匝数	节距	线重/kg	线径/mm	匝数	节距	线重/kg	容量/μF	电压/V
						mm																
JX07A-2	90	0.7		2850		94	48		45	0.28	18										10	
JX07B-2	60	0.45							36												6	
JX07A-4		0.48		1400					45	0.23											8	
JX07B-4		0.38							36												6	
JX06A-2	40	0.226	0.198	2820		84	42	11	45	0.25	16	10	0.27	240 204 136	1—8 2—7 3—6	0.15	0.27	240 204 136	5—12 6—11 7—10	0.15	2	240
JX06B-2	25	0.162	0.149						35				0.23	308 262 175		0.13	0.23	308 262 175		0.13	1.5	245
JX06A-4		0.447	0.252	1350					45					206 206	1—5 2—4	0.12		206 206	3—7 4—6	0.12	2.5	265
JX06B-4		0.225	0.157		220				35				0.20	300 300		0.11	0.20	300 300		0.11	1.5	275
JX05A-2	15	0.197	0.159	2750		71	36	8	42					290 250 166	1—8 2—7 3—6	0.10		290 250 166	5—12 6—11 7—10	0.10	1.0	234
JX05B-2	8	0.105	0.073						30				0.15	440 376 252		0.068	0.15	440 376 252		0.068	0.75	237
JX05A-4		0.207	0.115	1300					42				0.18	570	1—4	0.10	0.19	656	3—6	0.11	1.0	262
JX05B-4	4	0.149	0.112						30				0.16	800		0.08	0.15	800		0.071	1.0	

附表 2　JY 系列单相电容起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	功率/W	电流/A			转速/(r/min)	电压/V	定子铁心				气隙	槽数		主绕组				副绕组				电容器	
		满载	空载	起动			外径	内径	轭高	叠厚		定子	转子	线径/mm	匝数	节距	线重/kg	线径/mm	匝数	节距	线重/kg	容量/μF	电压/V
							mm																
JY2A-4	800	6.85 6.70	4.65 4.35		1440	220	160	95	13.5	88	0.315	36	42	1.25	32,30 22,12	1—9 2—8	1.48	0.90	14,26 20	5—14 6—13 7—12	0.492	400	122
JY2B-4	600	4.87 4.88	3.72 3.84							78	0.3			1.08	40,36 26,14	3—7 4—6	1.27	0.86	16,31 25		0.51		100
JY1A-2				28	2900		145	75		65		24	30	1.0		1—12 2—11 3—10 4—9 5—8		0.62		7—18 8—17 9—16 10—15 11—14			
JY1B-2	400	3.32 3.42	2.02 2.38	20					19.4	48	0.35			0.93	62,58 50,38 24		1.04	0.90	50,46 40,31 19		0.72	200	115
JY1A-4		3.64 3.69	2.35 2.6	20	1440			85	12	65	0.26 0.3	36	42		52,46 34,18	1—9 2—8 3—7 4—6	1.04	0.64	23,44 35	5—14 6—13 7—12	0.348		110
JY1B-4	250	2.9 2.8	2.45 2.4	14						48	0.29 0.3			0.80	46,56 40,24		0.825	0.80	21,40 32		0.355		114
JY09A-2		2.4	1.65 1.7	14	2900		120	60	16	56	0.3	24	18	0.69	68,62 52,42 24	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	0.56	0.69	50,46 40,31 19	7—18 8—17 9—16 10—15 11—14	0.392	150	110
JY09B-2	180	1.8 1.82	1.3 1.36	12						48				0.68	82,76 64,50 30		0.625	0.64	48,45 39,28 19		0.308		107
JY09A-4		2.25 2.5	2.0 2.2	12	1440			70	14	62	0.25		22	0.64	46 82 46	1—7 2—6 3—5	0.52	0.59	77,48 27	4—10 5—9 6—8	0.246		105

注：满载、空载电流项中上值为主绕组电流；下值为副绕组电流。

附表 3　JZ 系列单相电阻起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	功率/W	电流/A			转速/(r/min)	电压/V	定子铁心				气隙	槽数		主绕组				副绕组				起动转矩倍数(T_{st}/T_N)
		空载	满载	起动			外径	内径	轭高	叠厚		定子	转子	线径/mm	匝数	节距	线重/kg	线径/mm	匝数	节距	线重/kg	
							mm															
JZ1B-2	400	1.39	3.02	28	2900	220	145	75	20.25	48	0.35	24	30	0.90	72,67 57,44 28	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	1.12	0.44	36,32 29,22 14	7—18 8—17 9—16 10—15 11—14	0.124	1.25
JZ1A-4		2.25	3.45		1400			85	21.73	65	0.3	36	42	0.93	53,47 35,16	1—9 2—8 3—7 4—6	1.06		17,32 25	5—14 6—13 7—12	0.12	
JZ1B-4	250	2.0	2.65						20	48				0.80	66,58 42,24		0.85	0.35	25,48 39		0.10	
JZ09A-2		1.4	2.27	19	2900		120	60	14.85	56		24	18	0.69	74,69 59,45 28	1—12 2—11 3—10 4—9 5—8	0.62	0.38	43,40 34,26 16	7—18 8—17 9—16 10—15 11—14	0.11	
JZ09B-2	180	1.3	1.81	14						48				0.68	82,76 64,50 30		0.63	0.31	53,50 42,33 20		0.08	1.4
JZ09A-4		1.52	2.07		1440			71	15.9	62	0.25		22	0.64	50,68 50	1—7 2—6 3—5	0.53	0.33	33,56 33	4—10 5—9 6—8	0.092	
JZ09B-4	120	1.25	1.55	15						48				0.55	63,111 63		0.46	0.31	31,53 31		0.067	1.5
JZ08A-2		0.785	1.20	16	2820		102	58	14.1	60		18	15	0.59	128,113 84,40	1—9 2—8 3—7 4—6	0.57	0.33	32,61 50,32	5—14 6—13 7—12 8—11	0.082	1.6
JZ08B-2	90	0.555	0.93							46				0.53	171,151 112,60		0.59	0.35	33,63 52,32		0.086	
JZ08A-4		1.05	1.3		1400				10.05	60		24	22	0.51	67,116 67	1—7 2—6 3—5	0.43	0.27	36,62 36	4—10 5—9 6—8	0.061	
JZ08B-4	60	0.76	0.92							46				0.44	90,156 90		0.38	0.21	40,69 40		0.059	

附表4　BO系列单相电阻起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	额定功率/W	电压/V	满载时				定子铁心			气隙	槽数		主绕组			副绕组			空载电流/A	堵转电流/A	副绕组的堵转电流/A	堵转转矩倍数(T_d/T_N)	最大转矩倍数(T_{max}/T_N)	最小转矩倍数(T_{min}/T_N)
			电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	外径	内径	叠厚		定子	转子	线径/mm	每极匝数	绕组型式	线径/mm	每极匝数	绕组型式						
							mm																	
BO-5612	60	220	1.01	2800	42	0.64	90	48	40	0.25	18	15	0.41	520	22	0.31	227	22	0.58	8		1.8	1.8	0.8
BO-5622	90		1.19		52	0.66			48				0.47	472		0.35	179		0.72	10.5	8.4	1.7		
BO-6312	120		1.43		56	0.68	102	52	44		24	18	0.51	379			187	21	1.16	12.5	9.1	1.6		
BO-6322	180		1.95		60	0.7			56				0.59	352		0.38	−14 174	22	1.2	15.5	9.3	1.5		
BO-6332	250		2.5		63	0.72			70				0.62	270	21	0.41	125	21	1.52	20	14	1.3		
BO-7112	370		3.5		65	0.74	130	66	62				0.47	218		0.49	140		1.75	29	15.3	1.25		
BO-5614	40		1.05	1400	32	0.54	90	52	40	0.2	24	22	0.38	374	6	0.27	150	6	0.94	7	4.7	2.2		
BO-5624	60		1.28		38	0.56			48				0.41	318		0.29	126		1.06	8	5.9	2.0		
BO-6314	90		1.6		44	0.58	102	58					0.53	288		0.31	128		1.21	10.5	6.3	1.8		
BO-6324	120		1.85		50	0.59			56				0.57	248		0.33	109		1.59	12.5	7.8	1.7		
BO-6334	180		2.44		56	0.60			70				0.67	200		0.38	89		1.92	15.5	11	1.6		
BO-7114	250		3.05		60	0.62	130	72	62	0.25			0.80	161			123		2.37	20	8.1	1.4		
BO-7124	370		4.17		63	0.64			80				0.90	126		0.41	79		2.92	29	12.2	1.3		

注：1. 主、副绕组型式方案见第一章第一节表1-7。

2. 副绕组每极匝数中的负值是反绕匝数。

附表 5　CO 系列单相电容起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	额定功率/W	电压/V	满载时				定子铁心			气隙	槽数		主绕组			副绕组			空载电流/A	堵转电流/A	副绕组的堵转电流/A	堵转转矩倍数(T_d/T_N)	最大转矩倍数(T_{max}/T_N)	最小转矩倍数(T_{min}/T_N)	电容器容量(μF)
			电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	外径	内径	叠厚		定子	转子	线径/mm	每极匝数	绕组型式	线径/mm	每极匝数	绕组型式							
							mm																		
CO-6322	180	220	1.95	2800	60	0.70	102	52	52	0.2	24	18	0.57	301	21	0.41	273	21	1.3	12	4.3	3.0	1.8	0.8	75
CO-6332	250		2.5		63	0.72			70	0.25			0.62	270		0.49	189		1.53	15	6.6				100
CO-7112	370		3.5		65	0.74	130	66	62				0.74	218		0.53	224		1.73	21	6.6	2.5			
CO-7122	550		4.84		68	0.76			80				0.90	159		0.62	140		2.4	29	10.5				150
CO-8012	750		6.25		70	0.78	138	74	70				0.67 0.69	146			165		3.6	37	14.7				200
CO-6334	180		2.44	1400	56	0.60	102	58		0.2		22	0.67	200	6	0.41	98	6	1.89	12	6.4	3.0			100
CO-7114	250		3.05		60	0.62	130	72	62	0.25			0.80	161			112		2.4	15	5.8				
CO-7124	370		4.17		63	0.64			80				0.90	126		0.49	131		2.9	21	7.8	2.5			
CO-8014	550		5.65		66	0.67	138	84			36	34	0.69 0.69	116	17	0.57	147	13	4.2	29	10.5				150
CO-8024	750		7.05		69	0.70			100				0.72 0.80	93		0.64	114		4.8	37	14				200

注：主、副绕组型式方案见第二章第二节表 2-1。

附表 6 DO 系列单相电容运转异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	额定功率/W	电压/V	满载时				定子铁心			气隙	槽数		主绕组			副绕组			空载电流/A	堵转电流/A	堵转转矩倍数(T_d/T_N)	最大转矩倍数(T_{max}/T_N)	最小转矩倍数(T_{min}/T_N)	电容器容量(μF)
			电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	外径	内径	叠厚		定子	转子	线径/mm	每极匝数	绕组型式	线径/mm	每极匝数	绕组型式						
							mm																	
DO-4512	15	220	0.23	2800	36	0.82	71	38	45	0.2	12	15	0.23	823	4	0.19	1258	4	0.249	1.0	0.7	1.6	0.6	1
DO-4522	25		0.32		42	0.84							0.25	698		0.20	1369		0.373	1.5				
DO-5012	40		0.45		48		80	43	35	0.25	24	18		700	26	0.19	920	25	0.38	2			0.5	2
DO-5022	60		0.55		53	0.86			46				0.29	550		0.23	778		0.474	2.5	0.5			
DO-5612	90		0.82		58		90	48	38		18	12	0.33	500	14	0.27	650	17	0.63	3.2	0.35		0.35	4
DO-5622	120		1.0		62	0.88			48				0.41	400			640		0.66	5				
DO-6312	180		1.42		65		102	54	44		24	18	0.44	341	22	0.33	510	22	1.29	7				6
DO-4514	8		0.20	1400	23	0.80	71	38	45	0.2	12	15	0.20	575	1	0.16	650	1	0.275	0.8	0.7		0.6	1
DO-4524	15		0.28		30								0.21	523		0.17	670		0.388	1				
DO-5014	25		0.35		35	0.82	80	42	34	0.15	24	18	0.25	504	6	0.18	523	6	0.382	1.5			0.5	2
DO-5024	40		0.52		40				44				0.27	373		0.20	598		0.565	2				
DO-5614	60		0.72		45	0.84	90	52	38	0.2			0.29	350		0.27	460		0.84	2.5	0.35		0.35	4
DO-5624	90		0.97		49				48			22	0.31	260		0.29	420		1.23	3.2				
DO-6314	120		1.2		53	0.86	102	60	44	0.25			0.38	265			460		1.28	5				
DO-6324	180		1.67		57				55				0.44	213		0.33	355		1.73	7				6

注：主、副绕组型式方案见第二章第二节表 2-1。

附表 7　BO2 系列单相电阻起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时				定子铁心			气隙	槽数		主绕组			副绕组			绕组布线型式	堵转电流/A	堵转转矩倍数(T_d/T_N)	最大转矩倍数(T_{max}/T_N)	最小转矩倍数(T_{min}/T_N)
			电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	外径	内径	叠厚		定子	转子	线径/mm	每极匝数	平均半匝长度/mm	线径/mm	每极匝数	平均半匝长度/mm					
							mm																
BO2-6312	90	220	1.09	2800	56	0.67	96	50	45	0.25	24	18	0.45	436	132	0.33	192	132	主 22 副 22	12	1.5	1.8	0.8
BO2-6322	120		1.36		58	0.69			54				0.50	357	141	0.35	182	140		14	1.4		
BO2-7112	180		1.89		60	0.72	110	58	50				0.56	297	148.2	0.38	167	148.5		17	1.3		
BO2-7122	250		2.4		64	0.74			62				0.63	235	160.2	0.40	156	160.6		22	1.1		
BO2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58				0.71	206	170.4	0.45	136	171.3		30			
BO2-6314	60		1.23	1400	39	0.57	96	58	45			30	0.42	315	97.3	0.31	127	93.5	主 6 副 6	9	1.7		
BO2-6324	90		1.64		43	0.58			54				0.45	270	166.3	0.35	117	103		12	1.5		
BO2-7114	120		1.88		50		110	67	50				0.53	224	109.4	0.33	124	109.4		14			
BO2-7124	180		2.49		53	0.62			62				0.60	183	21.4	0.35	102	121.4		17	1.4		
BO2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58				0.71	158	126.4	0.40	104	126.4		22	1.2		
BO2-8024	370		4.24		62	0.64			75				0.85	124	143.9	0.47	89	143.4		30			

注：1. 堵转电流接近于起动电流 I_{sto}；

2. 主、副绕组布线型式方案见第二章第二节表 2-1。

附表8　CO2系列单相电容起动异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时 电流/A	满载时 转速/(r/min)	满载时 效率(%)	满载时 功率因数	定子铁心 外径/mm	定子铁心 内径/mm	定子铁心 叠厚/mm	气隙/mm	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线径/mm	主绕组 每极匝数	主绕组 平均半匝长度/mm	副绕组 线径/mm	副绕组 每极匝数	副绕组 平均半匝长度/mm	绕组布线型式	电容器容量/μF	堵转电流/A	堵转转矩倍数(T_d/T_N)	最大转矩倍数(T_{max}/T_N)	最小转矩倍数(T_{min}/T_N)
CO2-7112	180	220	1.89	2800	60	0.72	110	58	50	0.25	24	18	0.56	297	148.2	0.38	247	158.3	主22 副20	75	12	3.0	1.8	1.0
CO2-7122	250		2.40		64	0.74			62				0.63	235	160.2	0.47	204	170.3			15			
CO2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58				0.71	206	170.4	0.53	206	182		100	21	2.8		
CO2-8022	550		4.65		68	0.79			75				0.85	159	187.6	0.56	154	192		150	29			
CO2-90S2	750		5.94		70	0.82	145	77	70	0.30			1.0	147	198.2	0.63	133	211.2		200	37	2.5		
CO2-7114	120		1.88	1400	50	0.58	110	67	50	0.25		30	0.53	224	109.4	0.35	145	120.2	主6 副5	75	9	3.0		
CO2-7124	180		2.49		53	0.62			62				0.60	183	121.4	0.38	124	132.2			12			
CO2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58				0.71	158	126.4	0.47	133	139		100	15	2.8		
CO2-8024	370		4.24		62	0.64			75				0.85	124	143.4	0.50	134	155.8			21	2.5		
CO2-90S4	550		5.57		65	0.69	145	87	70		36	42	0.95	127	144.6	0.60	108	157.2	主17 副13	150	29			
CO2-90L4	750		6.77		69	0.73			90				1.06	96	165	0.63	120	177			37			

注：1. 电容器为CDJ型电解电容，工作电压220V；

2. 主副绕组布线型式方案见第二章第二节表2-1。

附表 9　DO2 系列单相电容运转异步电动机性能及铁心、绕组数据

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时 电流/A	满载时 转速/(r/min)	满载时 效率(%)	满载时 功率因数	定子铁心 外径/mm	定子铁心 内径/mm	定子铁心 叠厚/mm	气隙/mm	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线径/mm	主绕组 每极匝数	主绕组 平均半匝长度/mm	副绕组 线径/mm	副绕组 每极匝数	副绕组 平均半匝长度/mm	绕组布线型式	堵转电流/A	堵转转矩倍数 (T_d/T_N)	最大转矩倍数 (T_{max}/T_N)	最小转矩倍数 (T_{min}/T_N)	电容器 容量/μF	电容器 工作电压/V
DO2-4512	10	220	0.20	2800	28	0.80	71	38	45	0.2	12	18	0.18	868	106	0.16	971	106	主 6 副 6	0.8	0.60	1.8	0.60	1	630
DO2-4522	16		0.26		35								0.20	750		0.19	796			1.0					
DO2-5012	25		0.33		40	0.85	80	44					0.25	519	125.7	0.23	819	125.7		1.5				2	
DO2-5022	40		0.42		42	0.90								489		0.25	698			2.0	0.50		0:50		
DO2-5612	60		0.57		53		90	48	50	0.25	24		0.28	454	131.6	0.31	527	131.6	主 22 副 22	2.5				4	
DO2-5622	90		0.81		56								0.33	363			467			3.2	0.35		0.35		
DO2-6312	120		0.91		63	0.95	96	50	45				0.40	415	132		593	132		5.0					
DO2-6322	180		1.29		67				54				0.45	320	140.7	0.33	427	140.7		7.0				6	
DO2-7112	250		1.73		69		110	58	50				0.50	271	148.1	0.45	382	148.1		10				8	430
DO2-4514	6		0.20	1400	17	0.80	71	38	45	0.20	12		0.18	700	83.3	0.16	675	83.3	主 1 副 (1—4)	0.5	1.0		1.0	1	630
DO2-4524	10		0.26		24								0.20	600			620			0.8	0.6		0.6		
DO2-5014	16		0.28		33		80	44					0.21	560	85.4	0.21	455	85.4		1.0				2	
DO2-5024	25		0.36		38	0.82							0.25	436			435			1.5	0.5		0.5		
DO2-5614	40		0.49		45		90	54	50	0.25	24		0.28	356	98.7	0.23	508	98.7	主 6 副 6	2.0					
DO2-5624	60		0.64		50	0.85							0.31	348		0.28	339			2.5				4	
DO2-6314	90		0.94		51		96	58	45				0.35	302	93.7	0.31	374	93.7		3.2	0.35		0.35		
DO2-6324	120		1.17		55				54				0.40	259	106.3		365	106.3		5.0					
DO2-7114	180		1.58		59	0.88	110	67	50			30	0.42	206	109.4	0.38	330	109.4		7.0				6	430
DO2-7124	250		2.04		62	0.90			62				0.47	165	121.4	0.42	268	121.4		10				8	

注：1. 绕组布线型式中的“副（1—4）”系指副绕组线圈节距为 1—4；

2. 绕组布线型式方案见第二章第二节表 2-1。

附表 10　YC 系列单相电容起动异步电动机技术数据

型　号	功率 /kW	电压 /V	满载时				起动电流 /A	堵转转矩倍数 (T_d/T_N)	最大转矩倍数 (T_{min}/T_N)	噪声/dB(A)			振动 /(mm/s)
			电流 /A	转速 /(r/min)	效率 (%)	功率因数				N	R	S	
YC90S-2	0.75	220	5.94	2900	70	0.82	37	2.5	1.8	75	70	65	1.8
YC90L-2	1.1		8.47		72		60						
YC100L1-2	1.5		11.24		74		80			78	73	68	
YC100L2-2	2.2		16.1		75	0.83	120						
YC112M-2	3		21.6		76		150	2.2		80	75	70	
YC132S-2	3.7		26.3		77		175			83	78	73	
YC90S-4	0.55		5.57	1450	65	0.69	29	2.5		70	65	60	
YC90L-4	0.75		6.77		69	0.73	37						
YC100L1-4	1.1		9.52		71	0.74	60			73	68	63	
YC100L2-4	1.5		12.5		73	0.75	80						
YC112M-4	2.2		17.5		75	0.76	120			75	70	65	
YC132S-4	3		23.5		75.5	0.77	150	2.2		78	73	68	
YC132M-4	3.7		28		76	0.79	175						
YC90S-6	0.25		4.21	950	54	0.50	20	2.5		66	61	56	
YC90L-6	0.37		5.27		58	0.55	25						
YC100L1-6	0.55		6.94		60	0.60	35			67	62	57	
YC100L2-6	0.75		9.01		61	0.62	45	2.2					
YC112M-6	1.1		12.2		63	0.65	65			70	65	60	
YC132S-6	1.5		14.7		68	0.68	85	2.0		73	68	63	
YC132M-6	2.2		20.4		70	0.70	125						

附表 11　U 型单相串励电动机铁心、绕组数据

型号	功率/W	电压/V	转速/(r/min)	定子铁心 外径/mm	定子铁心 内径/mm	定子铁心 叠厚/mm	气隙/mm	转子槽数	磁极绕组 每极匝数	磁极绕组 线径/mm	转子绕组 元件匝数	转子绕组 每槽导体数	转子绕组 总导体数	转子绕组 线径/mm	转子绕组 换向片数	转子绕组 实槽节距	转子绕组 绕组接线
U15/40-220	15	220	4000	65	33.5	36	0.45	10	740	0.20	110	440	4400	0.15	20	4	a)
U15/56-220D			5600	55	29	22	0.35		600	0.19				0.13			
U30/40-220	30		4000	84	45.3	25	0.45	12	575	0.25	62	372	4464	0.18	36	5	b)
U40/36-24D	40	24	3600			38			76	0.86	7	28	336	0.64	24		c)
U40/36-110D		110							350	0.41	34	136	1632	0.33			

（续）

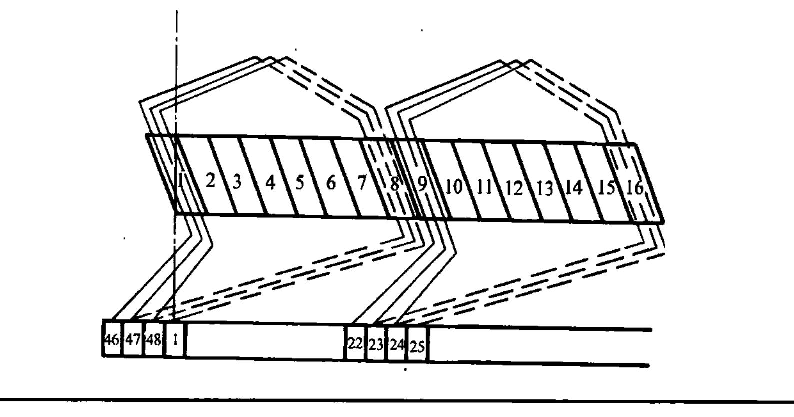
型号	功率/W	电压/V	转速/(r/min)	定子铁心 外径/mm	定子铁心 内径/mm	定子铁心 叠厚/mm	气隙/mm	转子槽数	磁极绕组 每极匝数	磁极绕组 线径/mm	转子绕组 元件匝数	转子绕组 每槽导体数	转子绕组 总导体数	转子绕组 线径/mm	转子绕组 换向片数	转子绕组 实槽节距	转子绕组 绕组接线
U55/45-220D	55	220	4500	84	45.3	38	0.45	12	360	0.38	50	200	2400	0.25	24	5	d)
U80/50-110D	80	110	5000			60			220	0.49	13	78	936	0.41	26		e)
U80/50-220D		220							435	0.35	27	162	1944	0.29			
U120/40-220	120		4000	94	51.6		0.55	16	220	0.44	23	138	2208	0.31	48	7	f)
U180/40-220	180					75			160	0.53	20	120	1920	0.35			

附表 12　G 型单相串励电动机铁心、绕组数据

型号	输出功率/W	电压/V	转速/(r/min)	定子铁心			气隙	转子槽数	磁极绕组		转子绕组					
				外径	内径	叠厚			每极匝数	线径/mm	元件匝数	每槽导体数	总导体数	线径/mm	换向片数	实槽节距
				mm												
G25/40	25	220	4000	71.3	39.3	20	0.4	11	690	0.21	84	504	5544	0.14	33	5
G30/40	30					25			486	0.27	74	444	4884	0.17		
G40/40	40										76	456	5016			
G60/40	60					36			358	0.29	53	318	3498	0.21		
G80/40	80					44			310	0.33	46	276	3036	0.23		
G90/40	90					53			286	0.35	39	234	2574	0.25		
G120/40	120			90	51.3	40	0.45	19	282	0.41	37	148	2812	0.29	38	9
G180/40	180					55			182	0.53	29	116	2204	0.38		
G250/40	250					68			146	0.59	18	72	1368	0.41		

附表 13　SU 型交、直流两用串励电动机铁心、绕组数据

型号	电压/V		输出功率 W		转速/(r/min)	轴伸数	定子铁心 mm			气隙 mm	转子槽数	磁极绕组					转子绕组					
	交流	直流	交流	直流			外径	内径	叠厚			磁极交流匝数	增加直流匝数	定子磁极总匝数	线径/mm 交流	线径/mm 直流	元件匝数	每槽导体数	总导体数	换向片数	实槽节距	绕组接线
SU-1	110	110	80	100	2500	1	94	51.6	60	0.55	16	111	209	320	0.62	0.49	12	72	1152	48	7	见附图
SU-1C						2																
SU-2	220	220				1						219	441	660	0.44	0.35	25	150	2400			
SU-2C						2																



附表 14　单相罩极式台扇、吊扇电动机铁心、绕组数据

扇别	型号	规格/mm	极数	定子/mm 外径	定子/mm 内径	定子/mm 叠厚	槽数 定子	槽数 转子	绕组 线径/mm	绕组 线圈(匝×只)	调速方式
台扇	BY 1861	150 180	2	60	30	25 32	2	15	0.15	1500×2 1170×2	电抗
台扇	BW2062 I BW2062 Ⅱ 2062 BW270 I BW270 Ⅱ	200	2	59	28	32 26	2	15	0.15	1175×2 (925+250)×2 1050×2 1350×2 (850+500)×2	电抗 抽头 电抗 抽头
台扇	BW176 I BW176 Ⅱ	230 250	2	70	35	32 38	2	17 15	0.21 0.23	1100×2 90×2 (700+290)×2	电抗 抽头
台扇	12BQ-62 12AD-61 12AD-49	300	4	88	44.7	32 26 32	4	17	0.27 0.25 0.28	510×4 590×4 480×4	电抗
台扇	16BQ-64 16BQ-65	400	4	108	51	32	4	22	0.417	450×4	电抗
台扇	16AD-50 16AD-61	400	4			38	4	22	0.417 0.376	420×4	电抗
台扇	57AD 400AD 16AL-54	400	6			36 38	6	22	0.35 0.38 0.417	460×4 360×6	电抗
吊扇	36DD 36AC-48	900	12 14			30 38	12 28	57	0.38 0.475	550×12 185×14	电抗
吊扇	42AC-48	1050	14			51	14		0.51	155×14	电抗
吊扇	56AC-51 56JA	1400	12			32	12		0.55	240×12	电抗

注：台扇定转子间气隙为 0.35mm；吊扇气隙为 0.3mm。

附表 15　单相鼓风机用罩极式二极电动机性能及铁心、绕组数据

序号	槽数	额定参数			定子铁心/mm			主 绕 组				主/罩 绕组布线类型	罩 极 绕 组			
		功率/W	电压/V	电流/A	外径	内径	长度	线径/mm	线圈匝数	线圈节距	每极圈数		每极圈数	线径/mm	每圈匝数	线圈节距
1	16	220	220	1.5	130	68	62	0.44	140	1—8 2—7 3—6	3	同心式 3/1 布线	1	1.82	2	16—5　13—8
2	16	92		0.65	100	48	38	0.31	100	1—5	4	单叠式 4/2 布线	2	0.93	3	16—5　14—9 1—6　13—8
3	18	184		2.4	120	63	55	0.66	93	1—9 2—8 3—7	3	同心式 3/2 布线	2	0.72	10	18—5　15—10 1—6　14—9
4	20	184		2.4	120	63	55	0.66	76	1—6	5	单叠式 5/2 布线	2	1.12	3	20—6　17—11 1—7　16—10
5	24	368		3.5	135	76	55	0.62		1—8	5	单叠式 5/2 布线	2	1.85	2	6—14　3—19 7—15　2—18
6	24	200		1.2	100	60	50	0.51	78	1—8	5		1	1.20	5	
7	24	249		3.0	86	55	24	0.67		1—8	5	单叠式 5/2 布线	2	1.48	2	24—6　19—13 1—7　18—12
8	24	270		3.0	105	75	54	0.69	80	1—8	5	单叠式 5/2 布线	2	1.88	3	6—13　2—19 7—14　1—18
9	24	368		3.0	140	75	50	0.62		1—9	5	单双层 5/2 布线	2	1.86	2	3—13　2—16 4—14　1—15
10	24	368		3.5	140	76	55	0.62		1—9	5	单双层 5/2 布线	2	1.82	2	4—15　2—17 5—14　3—16
11	24	200		2.5	120	66	45	0.62	70	1—8	6	单双层 6/2 布线	2	1.35	3	24—8　21—13 1—9　20—12
12	24	368		3.5	135	76	55	0.62		1—8	6	单双层 6/2 布线	2	1.75	2	6—13　1—18 7—14　2—19

附表 16　G 型系列单相串励电动机铁心、绕组数据

型号	功率 /W	电压 /V	频率 /Hz	满载				定子铁心			气隙	转子槽数	磁级绕组		转子绕组					堵转转矩倍数 (T_d/T_N)	堵转电流倍数 (I_d/I_N)
				电流 /A	转速 /(r/min)	效率 (%)	功率因数	外径 (mm)	内径 (mm)	[illegible] (mm)	(mm)		每极匝数	线径 /mm	元件匝数	线径 /mm	总导体数	换向片数	实槽节距		
G3614	8	220	50	0.14	4000	32	0.83	56	30	18	0.3	8	1010	0.14	214	0.09	10272	24	3	1.5	2.5
G3624	15			0.22		38				30			685	0.18	137	0.12	6576				
G3634	25			0.32		44	0.81			38			536	0.23	104	0.15	4992				
G3616	15			0.20	6000	40	0.86			18										1.8	3.5
G3626	25			0.29		45				30											
G3636	40			0.42		51				38			470	0.25	77	0.17	3696				
G3618	25			0.28	8000	46	0.88			18										3.0	4.5
G3628	40			0.40		52				30											
G3638	60			0.57		55				38			445	0.29	62	0.20	2976				
G36112	40			0.37	12000	53	0.92			18										4.5	6.0
G36212	60			0.53		56				30											
G36312	90			0.77		58				38			366	0.33	47	0.23	2256				
G4514	40			0.45	4000	50	0.81	71	39		0.35	12						36	5	1.7	2.5
G4524	60			0.64		53	0.80			40			362	0.31	51	0.21	3672				
G4534	90			0.91		56				50			290	0.38	39	0.25	2808				
G4516	60			0.59	6000	54	0.86													2.5	3.5
G4526	90			0.85		56				40											
G4536	120			1.08		60	0.84			50			240	0.41	33	0.27	2376				
G4518	90			0.82	8000	57	0.88													4.0	4.5

（续）

型号	功率/W	电压/V	频率/Hz	满载				定子铁心			气隙	转子槽数	磁极绕组		转子绕组					堵转转矩倍数 (T_d/T_N)	堵转电流倍数 (I_d/I_N)
				电流/A	转速/(r/min)	效率(%)	功率因数	外径	内径	叠厚			每极匝数	线径/mm	元件匝数	线径/mm	总导体数	换向片数	实槽节距		
								mm													
G4528	120	220	50	1.03	8000	60	0.88	71	39	40	0.35	12						36	5	4.0	4.5
G4538	180			1.50		62				50			195	0.44	26	0.31	1872				
G45112	120			0.99	12000	60	0.92													6.0	6.0
G45212	180			1.43		62				40			192	0.44	25	0.31	1800				
G45312	250			1.93		64				50			167	0.51	19	0.38	1368				
G5614	120			1.15	4000	59	0.80	90	50	35	0.5	13	266	0.44	42	0.29	3276	39	6	2.0	2.5
G5624	180			1.70		61	0.79			50			195	0.53	29	0.35	2262				
G5634	250			2.32		63	0.78			65			152	0.59	22	0.41	1716				
G5616	180			1.60	6000	61	0.84			35			243	0.49	31	0.33	2418			3.0	3.5
G5626	250			2.15		63				50			179	0.57	22	0.41	1716				
G5636	370			3.08		65				65			144	0.67	16	0.47	1248				
G5618	250			2.08	8000	64	0.88			35			226	0.55	24	0.38	1872			5.0	4.5
G5628	370			2.90		66				50			166	0.64	17	0.47	1326				
G5638	550			4.18		68				65			123	0.77	12	0.55	936				
G7114	370			3.32	4000	65	0.78	120	69	42	0.9	19	156	0.69	17	0.49	1938	57	9	2.0	2.5
G7124	550			4.92		66	0.77			60			112	0.83	12	0.59	1368				
G7134	750			6.70		67	0.76														
G7116	550			4.45	6000	67	0.84			42			132	0.77	13	0.55	1482			3.5	3.5
G7126	750			6.0		68				60			100	0.93	9	0.64	1026				

附表 17　单相电容式台扇电动机铁心、绕组数据

型号	规格/mm	极数	定子/mm 外径	定子/mm 内径	定子/mm 叠厚	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线径/mm	主绕组 线圈/(匝×只)	副绕组 线径/mm	副绕组 线圈大小圈/(匝×只)	调速绕组 线径/mm	调速绕组 线圈/(匝×只)	绕组型式	电容器/(μF/V)	调速方式
DW1-79	200 230 250 300	4	88	44.7	28	8	17	0.17	840×4	0.15	(1160+480)×2	0.15	680×2	单链	1/400	抽头
QB-64					20				935×4 634×4 780×4 796×4 560×4 590×4 685×4		1020×4			双链	1/500	电抗器
QB-$^{62}_{63}$	300				26					0.19	620×4				1.5/400	
QB-$^{64}_{61}$ QD-63	350		88.5 88 88.5	46 44.7 49	30 32 26 34	16 8 16	22 17 22	0.23 0.21 0.19		0.13 0.19 0.15	1235×4 790×4 780×4 976×4			单链 双链 单链	0.8/400 1.2/400 1/400 1.2/400	
QB-$^{64}_{61}$ DQ-63	400	4	88	44.7	32 26 34	8	17	0.23	530×4 580×4 555×4	0.17 0.21 0.15	890×4 730×4 955×4			双链	1.2/400 2/400 1/400	
			88.5	49		16	22							单链		
QB-76			88	44.7	32	8	17		520×4	0.17	(1000+560)×2	0.19	440×2	双链	1.2/400	抽头
	250	4	88 78	44.7 44.5	20	8 16	17 22	0.17 0.15	850×4 1050×4	0.15	(1020+500)×2 1050×4	0.15	300×2 550×4	双链 单链	1/500 1/400	

（续）

型号	规格/mm	极数	定子/mm 外径	定子/mm 内径	定子/mm 叠厚	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线径/mm	主绕组 线圈/(匝×只)	副绕组 线径/mm	副绕组 线圈大小圈/(匝×只)	调速绕组 线径/mm	调速绕组 线圈/(匝×只)	绕组型式	电容器/(μF/V)	调速方式
	300	4	78	44.5	24	16	22	0.17	800×4	0.15	500×4	0.15	500×4	单链	1/400	抽头
			82*	44.6	22						(1000+500)×2		500×2			
			85.5	46.5	24											
					20											
	350	4	88	49	26	16	22	0.21	720×4	0.17	930×4			单链	1.2/400	电抗
			78	44.5	25			0.17	750×4	0.15	600×4	0.15	500×4	双链		抽头
			88.5	49				0.19	760×3+(650+110)	0.19	480×4	0.19	480×4	单T型		
	400	4	88.4	49	32	16	22	0.21	550×4	0.19	350×4	0.19	350×4	单L-2型	1.2/400	电抗器
			88.5		35			0.23	570×4		720×4			单链		
			88								890×4					
						16	22	0.21	710×4	0.17	980×4				1.2/400	
									710×4		935×4					
									730×4		930×4					
								0.19	650×4	0.17	850×4					
						8	17	0.23	570×4	0.19	850×4					
									530×4	0.17	780×4					
											890×4					
											820×4					
	300	4				8	17	0.19	590×4	0.18	680×4				1.2/400	
						16	22		620×4	0.17	700×4				1.5/400	
								0.21	710×4		935×4				1/400	
								0.15	800×4	0.15	1150×4					

注：台扇定转子间气隙均为0.35mm；有“*”符号者为0.38mm。

附表 18　单相电容式吊扇电动机铁心、绕组数据

型号	规格/mm	极数	定子/mm 外径	定子/mm 内径	定子/mm 叠厚	转子外径	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线径/mm	主绕组 线圈/(匝×只)	副绕组 线径/mm	副绕组 线圈/(匝×只)	调速绕组 线径/mm	调速绕组 线圈/(匝×只)	电容器/(μF/V)	调速方式
36CC-48	900	14	122.25	44	26	148	28	47	0.295	360×14	0.295	360×14			2.5/400	电抗器
42CC-48	1050									300×14		330×14			3/400	
DD2-64	1200	18	134.75	70.5	25	162	36	48	0.27	280×18	0.25	328×18			2/400	
	1400									270×18					2.4/400	
56CC-54/56			138.8	60	32	164.5			0.315	200×18	0.315	225×18			4/400	
	1400				38	165.7				210×18	0.295	250×18				
	900	14	122	44	25	148	28	47	0.19	600×7	0.17	600×7			1.2/400	
			118	20	23	145		45	0.23	382×14	0.19	506×14			1/400	
	1050	14	118	20	23	145	28	47	0.21	650×7	0.19	870×7			3/400	
		16	132	22	24	160	32	57	0.25	620×8	0.23	715×8			1/400	
	1200*	16	132	22	24	160	32	57	0.28	530×8	0.23	780×8			2/400	
	1400		136	60	25	164.5			0.29	245×16	0.25	315×16				
	1400	18	138.8	60	28	164.5	32	52	0.29	236×18	0.25	323×18			2.4/400	
			136.6	63.5	32			48	0.31	440×18		620×18			2/400	
							36	48	0.27	280×18	0.25	328×18			2.4/400	
								18		253×18		335×18				
								18	0.29	230×18	0.25	296×18				
										215×18		330×18				
									0.29	240×18	0.27	300×18			2/400	
									0.31	220×18	0.25	310×18			1.8/400	
	1400	18					36	18	0.27	280×18	0.25	328×12	0.27	400+100×5	2.4/400	抽头
												328×14		150+750+200+170	2.2/400	
									0.29	280×18	0.27	310×14	0.27	500+180+140+130	2.4/400	
									0.31	275×18	0.31	275×12		100+100×5		

注：吊扇定转子间气隙均为0.25mm；有“*”符号者为0.3mm。

附表19 单相电容式落地扇、座地扇、壁扇电动机铁心、绕组数据

扇别	规格/mm	极数	定子/mm 外径	定子/mm 内径	定子/mm 叠厚	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线径/mm	主绕组 线圈/(匝×只)	副绕组 线径/mm	副绕组 线圈/(匝×只)	绕组型式	电容器/(μF/V)	调速方式
落地扇	350	4	88.5	49	34	16	22	0.19	685×4	0.15	976×4	单链	1.2/400	电抗
			88	44.7	28	8	17	0.21	700×4	0.19	(550+300)×4	双链	1/400	抽头
					30	16	22	0.23	600×4	0.17	(420+420)×4			
	400	4	88.5	49	35	16	22	0.23	570×4	0.19	720×4	单链	1.2/400	电抗
			88	44.7	32	8	17		520×4	0.17	1000×2+560×2	双链	1.5/400	抽头
			88.5	49		16	22	0.21	550×4	0.19	(350+350)×4		1.2/400	
座地扇	300	4	88	44.7	26	8	17	0.17	780×4	0.19	620×4	双链	1.5/400	电抗
	350			49		16	22	0.19	760×3+(750+110)		(480+480)×4	单链	1.2/400	抽头
											930×4			
					35			0.21	720×4	0.17	890×4			电抗
			88.5	46.7	32			0.23	570×4		850×2+(700+160)×2			
	400							0.21	600×4					抽头
壁扇	300	4	86	44.5	26.5	16	22	0.17	800×4	0.19	650×2+(420+200)×2	单链	1/400	抽头
	350				28			0.19	760×4		(480+480)×4		1.2/400	
			92	50		8	17	0.23	775×4	0.20	(320+489)×4	双链	1.5/400	
	400		88.5	49	35	16	22	0.21	730×4	0.17	930×4	单链	1.2/400	电抗

注：上述电扇定转子间气隙均为0.35mm。

附表 20　单相电容式顶扇、排气扇电动机铁心、绕组数据

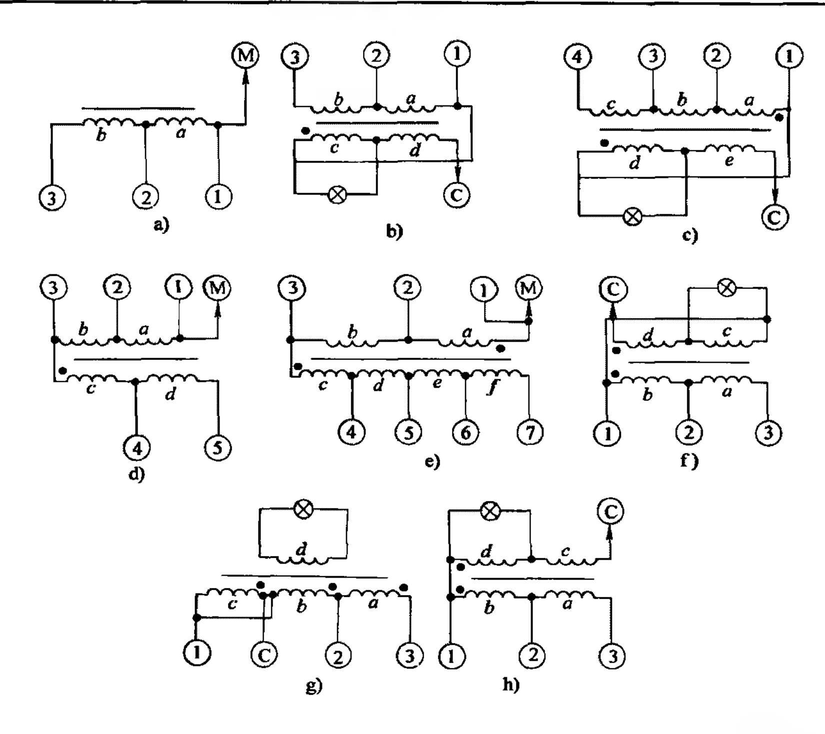
扇别		规格/mm	极数	定子/mm			气隙/mm	槽　数		主　绕　组		副　绕　组		电容器/(μF/V)	绕组型式	备注
				外径	内径	叠厚		定子	转子	线径/mm	线圈/(匝×只)	线径/mm	线圈/(匝×只)			
顶扇		350 400	4	88	49	25 35	0.35	16	22	0.21 0.23	720×4 570×4	0.17 0.19	930×4 720×4	1.2/500	单链	电抗调速
排气扇	一般	400	6 4	102	60	36 58	0.35	24 16	18 22	0.31 0.35	260×6 240×4 330×4	0.31 0.35 0.31	260×6 330×4 240×4	4/400	单交叉	单速
		500	6 4	120	72	40 56	0.3 0.25	24	20 18	0.29 0.47	295×6 105×4	0.23 0.35	510×6 170×4	2/400 6/500	单链	
	轴流	400	6	35			0.3	24		0.38	205×6	0.38 0.27	205×6 415×6	6/400 2.5/400		双向 单向

附表 21　鸿运扇及交直流两用串励式台扇电动机绕组数据

鸿运扇	机　别	极数	定　子		主　绕　组		副　绕　组		备　注
			叠厚/mm	槽数	线径/mm	线圈/(匝×只)	线径/mm	线圈/(匝×只)	
	主机(300mm)	4	20	16	0.18	880×4	0.18	(440+440)×4	抽头调速
	转盘电机	12			0.03~0.05	11000~12500匝			磁钢转子

串励台扇	规格/mm	定子叠厚/mm	定子绕组		电　枢				
			线径/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	线圈/(匝×只)	节距	换向片数
	300	26	0.17	1500	12	0.12	205×12	1—6	24

附表22 电风扇调速电抗器铁心、绕组数据



a)不带指示灯的三速电抗器 b)带指示灯的三速反串电抗器 c)四速反串电抗器 d)吊扇用五速正串电抗器 e)吊扇用七速正串电抗器 f)三速正串电抗器 g)指示灯分离式电抗器 h)三速反串电抗器

序号	配用电扇			冲片型式	铁心截面/mm	调速线圈		校验参数		接线图号
	类型	型号	规格/mm			线径/mm	分挡匝数 $a+b+c+d+e+*$	电压/V	电流/A	
1	罩极式台扇		300	E形	19×13	0.27	750+100	58	0.23~0.24	附图a
2		12BQ-63				0.25	500+200			
3		BQ-62				0.27	250+100	58	0.23~0.24	
4		BQ-63					$100+544+56^*+200$	46	0.235~0.265	f
5		16BQ-64	400		19×17	0.41	380+70	46	0.23~0.24	a
6		16AL-54				0.14	450+150			
7		16BQ-65			19×18	0.41	$250+100+40^*+130$	46	0.235~0.265	f
8				O形	12×20	0.41	425+76	46	0.50~0.51	a
9	罩极吊扇	36AC-48	900	E形	19×18	0.41	150+600+100+100			d
10		36BD				0.38	250+100×5	84	0.325~0.355	e

（续）

序号	配用电扇			冲片型式	铁心截面/mm	调速线圈		校验参数		接线图号
	类型	型号	规格/mm			线径/mm	分挡匝数 a+b+c+d+e+*	电压/V	电流/A	
11	电容式吊扇	42CC-48	1050	E形	19×19	0.32	1000+300			a
12		DD2-64	1200			0.27	250+130+100×4	94	0.29~0.30	e
13		DD2-64	1400				380+120+110+100×3	106	0.27~0.285	
14		56CC-54				0.32	1000+300			a
15		60CC-36	1500			0.36	500+200+200+150			d
16	电容顶扇		350	O形	12×18	0.23	200+850+350+70*			g
17			400			0.29	190+520+220+65*			
18	电容式台扇	QB-64	250	E形	19×17	0.17	1600+200	133	0.083~0.097	a
19							1550+250//72*+600	142	0.06~0.065	b
20			300	O形	12×19		300+1100+270+70*	130	0.10~0.11	h
21		QB-62		E形	19×17		1750+200	157	0.145~0.16	a
22					19×13		250+1300+300+70*	128	0.10~0.12	h
23			350	E形	19×18	0.19	350+800+250+70*			g
24		QB-61			19×19	0.23	850+150	106	0.15~0.16	a
25		QB-64					150+870+500+52*	110	0.12~0.125	g
26		DQ-63				0.19	950+250//50*+600	122	0.14~0.145	b
27		QB-64				0.23	820+100+100//52*+500	110	0.12~0.125	c
28							870+150//52*+500			b
29			400	O形	12×16	0.23	300+640+200+65*			g
30					12×18		640+300+200+65*			h
31				E形	19×19		200+800+455+45*	104	0.165~0.185	h
32					19×20		200+800+465+70*	100	0.14~0.15	h
33		QB-61			19×19		800+200	106	0.15~0.16	a
34		DQ-63					600+250//45*+520	93	0.25~0.27	b
35		QB-64					800+200//45*+455	104	0.165~0.185	b
36							700+150+150//45+455			c

注：1. 调速线圈分档匝数中有“*”符号的为6.3V指示灯线圈匝数；有“//”符号的表示内外两组线圈的绝缘层；

2. 接线图中①、②、③、④……数字表示调速开关挡序接线；M为电动机；C为副绕组电容器。

附表 23　国产及部分进口电冰箱压缩机组电动机铁心、绕组数据

生产厂	北京电冰箱厂				北京电冰箱压缩机厂		沈阳医疗器械厂				天津医疗器械厂			日本东芝	苏联别留沙	日本日立	
型号	LD 5801	QF21-75	QF21-93		QF21-65	QF21-100	FB-515	FB-516 (517I)	FB-517II	FB-505	LD-1-6	5608 I	5608 II	KL-12M	ДXK-240	HQ-651-BQ	V1001R
输出功率/W	93	75	93	93	65	100	93	93	93	65	93	125	125	80	135	62	93
极数	4	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	4	4	2	2	2	2
定子铁心叠厚/mm	28	25	36	36	30	35	28	28	40	30	35						
定子槽数	32	24	24	24	24	24	32	32	24	24	24	32	32	24	24	24	24
主绕组 线圈匝数 小小圈	71	45	36	43	59(64)	53			41	88		62	59				71
主绕组 线圈匝数 小圈	96	87	70	62	79(84)	72	90	90	78	88	65	91	61	80	64	58	81
主绕组 线圈匝数 中圈	125	101	81	80	95(101)	88	118	110	88	131	85	110	81	106	92	76	99
主绕组 线圈匝数 大圈	65	117	94	93	105(113)	114	122	137	103	131	113		46	110	108	102	116
主绕组 线圈匝数 大大圈		120	98	101	105(113)	114			105	175	113			118	120	108	104
主绕组 每极匝数	357	470	379	379	443(475)	441	330	337	415	613	376	263	247	414	384	344	471
主绕组 线径/mm	0.64	0.59	0.64	0.64	0.60(0.59)	0.6	0.59~0.61	0.38	0.64	0.51	0.64	0.7	0.72	0.57	0.61	0.62	0.62
副绕组 线圈匝数 小小圈										53		33					
副绕组 线圈匝数 小圈	33	40	40	33	57(39)	45		18	46	53	41	54	34		34		43
副绕组 线圈匝数 中圈	40	60	60	41	64(45)	55	41	35	64	79	50	65	46		43	64	52
副绕组 线圈匝数 大圈	50	70	70	45	74(50)	59	102	95	68	79	120(+95, −25)		50	128	139(+98, −41)	72	60
副绕组 线圈匝数 大大圈		200(+140, −60)	200(+140, −60)	101(+76, −25)	87(152 +107, −45)	195(+127, −68)			78	104	117(−20, +97)			130	140(+98, −42)	82	66
副绕组 每极匝数	123	370	370	220	282(286)	354	143	148	256	368	328	152	130	258	356	218	221
副绕组 线径/mm	0.35	0.31	0.35	0.35	0.29(0.33)	0.32	0.38	0.38	0.38	0.31	0.35	0.37	0.35	0.41	0.33	0.31	0.38
布线型式	4/3-A	5/4-B	5/4-B	5/4-B	5/4-B	5/4-B	3/2-B	3/3-B	5/4-B	5/5-B	4/4-B	3/3-B	4/3-A	4/2-T型接法	4/4-B	4/3-B	5/4-B

注：1. 副绕组括号内匝数加负号“－”表示反绕匝数；

2. 电动机额定电压为220V50Hz；

3. 主副绕组布线型式可参见正文第一章图1-40和1-41；

4. 表列绕组参数生产厂可能不断改进，此表仅供参考。进口电动机数据虽少，可举一反三或拆修时计数。

附表 24　部分进口小型空调器用单相电动机铁心、绕组数据

型号		日立 ND7505BX		日　本			日本 RRMB1867		
用途		空调压缩机用		空调器风扇电动机			空调器风扇电动机		
输出功率/W		750(60Hz)		100			100		
极数		2		4			4		
定子铁心/mm				外径 158　内径 98　叠厚 42			外径 132　内径 82　叠厚 47		
定子槽数		24		36			36		
绕组型式		正弦绕组		正弦绕组 L 型联结			正弦绕组 T 型联结		
线圈匝数（匝数/节距）				主绕组	调速绕组	副绕组	主绕组	调速绕组	副绕组
	小小圈	15		59/2					
	小圈	23		91/4		74/3	76/4	60/4	
	中圈	26	38	121/6	45/5	80/5	76/6	60/6	
	大圈	47	36	200/8	44/7	106/7	132/8		150/7
	大大圈	36	51		80/9				185/9
绕组总匝数		2×147	2×125	4×471	4×169	4×260	4×284	4×120	2×335+2×150
线径/mm		0.93	0.77	0.46	0.31	0.41	0.38+0.31	0.38	0.31
绕组布线槽序				1·2·3·4— 5·6·7·8 10·11·12·13— 15·16·17·18 19·20·21·22— 24·25·26·27 28·29·30·31— 33·34·35·36	5·6·7— 12·13·14 14·15·16— 21·22·23 23·24·25— 30·31·32 32·33·34— 3·4·5	6·7·8— 11·12·13 15·16·17— 20·21·22 24·25·26— 29·30·31 33·34·35— 2·3·4	1·2·3—7·8·9 10·11·12— 16·17·18 19·20·21— 25·26·27 28·29·30— 34·35·36	2·3—7·8 11·12—16·17 20·21—25·26 29·30—34·35	5·6—13·14 15—22 23·24—31·32 33—4

附表25 洗衣机用单相电容运转电动机铁心、绕组数据

型号	用途	功率/W		工作电流/A	电容器/(μF/V)	槽数		气隙/mm	定子铁心/mm			主绕组			副绕组			生产厂
		输入	输出			定子	转子		外径	内径	叠厚	线径/mm	大圈/(匝/节距)	小圈/(匝/节距)	线径/mm	大圈/(匝/节距)	小圈/(匝/节距)	
XD-90	洗涤		90	0.9	8/450	24	22	0.3	方形 120×120	7	30	0.42	220/1—6	110/2—5	0.42	220/4—9	110/5—8	上海革新电机厂
XD-120			120	1.0	10/450						35	0.45	161/1—6	118/2—5	0.45	161/4—9	118/5—8	
XD-180			180	1.5	12/450						45	0.53	160/1—6	80/2—5	0.53	160/4—9	80/5—8	
XD-250			250	1.8	16/450						60	0.56	96/1—6	69/2—5	0.56	96/4—9	69/5—8	
XD-90	洗涤		90	0.9	8/450	24	30	0.3	方形 107×107	65	35	0.38	200/1—6	100/2—5	0.38	200/4—9	100/5—8	
XD-120			120	1.0	10/450						40	0.41	176/1—6	88/2—5	0.41	176/4—9	88/5—8	
XDL-90 XDS-90	洗涤		90	0.88	8/450	24	34	0.35	107	68	34	0.35	108/1—7	188/2—6	0.35	108/4—10	188/5—9	
XDL-120 XDS-120			120	1.1	9/450						40	0.38	92/1—7	161/2—6	0.38	92/4—10	161/5—9	
XDL-180 XDS-180			180	1.54	12/450						50	0.45	71/1—7	124/2—6	0.45	71/4—10	124/5—9	
XDL-250 XDS-250			250	2.0	16/450						62	0.50	57/1—7	99/2—6	0.50	57/4—10	99/5—9	
XDC-X-2	洗涤		85	1.1	8/450	24	34	0.35	方形 101×101	68	39	0.38	170/1—6	80/2—5	0.35	170/4—9	80/5—8	上海先锋电机厂
XDC-T-2	脱水		20	0.6	3/450						19	0.25	310/1—6	150/2—5	0.19	455/4—9	225/5—8	
XTD-40	脱水		40	0.6	3/400	24			方形 108×108	70	20.5	0.27	320		0.21	470		广东中山电机厂
JXX-90B	洗涤		90	1.1	8/450	24	34	0.2	方形 124×124	80	25	0.41	107/1—7	214/2—6	0.41	107/4—10	214/5—9	上海微电机厂

（续）

型号	用途	功率/W		工作电流/A	电容器/(μF/V)	槽数		气隙/mm	定子铁心/mm			主绕组			副绕组			生产厂
		输入	输出			定子	转子		外径	内径	叠厚	线径/mm	大圈/(匝/节距)	小圈/(匝/节距)	线径/mm	大圈/(匝/节距)	小圈/(匝/节距)	
* XPB15-3	洗涤	190	90	1.1	8/450	24	34	0.2	方形 124×124	80	25	0.41	107	214	0.41	107	214	上海微电机厂
* XPB15-4	排水泵	75	20		2/450	12						0.29	729		0.21	942		
* XQB30$^{-1}_{-2}$	洗涤	300	120		10/450	24						0.47	80	160	0.47	80	160	
	洗涤	185 220	90 120		8/400	24						0.39 0.42	121 91	209 159	0.39 0.42	121 91	209 159	四川东风电机厂
* XPB15-Ⅱ * XPB15-Ⅲ * XPB20-1S	洗涤	200	90		8/400	24						0.38	170	80	0.38	170	80	上海司其乐洗衣机总厂
* XPB15-1 * XPB20-1S	洗涤	220 230	120		8.5/400	24						0.38	100	200	0.38	100	200	上海方方洗衣机厂
* XPB20-1S	脱水	115	30		3/400	24						0.31	150	300	0.25	215	430	
* XPB15-1S	脱水	120	25		3/400	24						0.27	300		0.27	230		上海浪花洗衣机厂
* XPB15-3	洗涤	210	90		8.5/400	24						0.38	175	60	0.38	175	60	
* XPB20	洗涤	240	90		10/400	24						0.40	148	88	0.40	148	88	三明市家用电器厂

注：有“*”符号的为代用型号，即洗衣机型号，其余为电动机型号。

附表 26　电吹风电热元件及电动机铁心、绕组数据

电动机型式	额定功率/W	电压/V	电热丝		电动机			定子			气隙/mm	转子			
			线径/mm	电阻/Ω	输入功率/W	电流/A	转速/(r/min)	线径/mm	匝数×线圈数	铁心叠厚/mm		线径/mm	匝数×线圈数	节距/槽	电刷规格
串励式	450	220	0.25	120	22.5	0.11	14500	0.10	1800×2	16	0.25	0.08	450×8	1—4	DS4.3×4.3
	550		0.27	105	29	0.15	3500	0.11	1300×2	24	0.30	0.09	300×8	1—4	DS8.3×4.5
	550		0.27	105	28	0.15	3500	0.12	1200×2	20	0.30	0.09	250×8	1—4	DS8.3×4.5
罩极式	450	220	0.27	115	24	0.15	2800	0.14	1700×2	20.5	0.25	2.8	罩极线圈		
	450		0.27	105	25	0.16	2500	0.15	1600×2	19	0.30	2.64			
	550		0.315	100	24	0.26	2800	0.21	2100×2	18	0.30	2.34			
	550		0.31	98	24	0.26	2500	0.21	2300×1	18	0.30	2.34			
永磁式	350	220	0.27	140	10.8①	0.60	8800	永磁		13	0.25	0.12	210×3	1—2	DS2.5×2.5
	500		0.31	98	6②	0.30	5000	0.07～0.08T③		14	0.25	0.13	510×3	1—2	DS2.5×2.5

① 电机 DC18V；

② 电机 DC20V；

③ T 为磁通密度单位特斯拉（$1T=10^4GS$）。

附表 27　家用电动缝纫机用单相串励电动机铁心、绕组数据

型　号	输入功率/W	电压/V	电流/A	转速/(r/min)	铁心/mm			磁场绕组		电枢绕组				换向片数	调速方式
					外径	内径	叠厚	线径/mm	每极匝数	线径/mm	槽数	元件匝数	跨距/槽		
5024 型	50	220	0.32	4000				0.23	480	0.15	11	110	5	22	
6028 型	60	220	0.33	8000				0.23	620	0.16	11	105	5	22	
JF6028	60	220	0.30	8000			27	0.23	480	0.15	11	100	5	22	电阻调速
65-9	70	220	0.34	5500				0.23	580	0.16	11	80	5	33	电阻调速
79-40Y75	75	220	0.37	6000	63	35.8	29	0.23	620	0.17	12	70	5	24	电阻调速
6028-A	80	220	0.36	8000				0.23	400	0.17	11	100	5	22	
JF8025	80	220	0.40	5000			27	0.23	480	0.15	11	100	5	22	电阻调速
JF1025	100	220	0.50	7000			27	0.23	450	0.17	11	90	5	22	电阻调速
79-40Y100	100	220	0.49	5000	63	35.8	29	0.25	460	0.18	12	75	5	24	电阻调速
79-40Y130	130	220	0.63	7200	63	35.8	31	0.27	360	0.19	12	65	5	24	电阻调速

附表 28 部分单相吸尘器性能及串励电动机铁心、绕组数据

<table>
<tr><th rowspan="2">型 号</th><th rowspan="2">额定功率
/W</th><th rowspan="2">电压
/V</th><th rowspan="2">真空度
/Pa</th><th rowspan="2">风量
/(m^3/min)</th><th colspan="6">定 子</th><th colspan="6">电 枢</th></tr>
<tr><th>外径
/mm</th><th>内径
/mm</th><th>叠厚
/mm</th><th>每极
匝数</th><th>线圈数</th><th>线径
/mm</th><th>槽数</th><th>换向
片数</th><th>线圈
匝数</th><th>线圈数</th><th>线径
/mm</th><th>节距
/槽</th></tr>
<tr><td>WX-4A</td><td>170</td><td rowspan="11">220</td><td>3500</td><td>0.7</td><td>56</td><td>31</td><td>35</td><td>297</td><td rowspan="11">2</td><td>0.31</td><td>9</td><td>27</td><td>44</td><td rowspan="3">4</td><td>0.21</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>220</td><td>4000</td><td>0.8</td><td></td><td></td><td></td><td>330</td><td>0.31</td><td>10</td><td>20</td><td>50</td><td>0.21</td><td>1—5</td></tr>
<tr><td>BTX-11B</td><td>370</td><td>8000</td><td>1.1</td><td>63</td><td>34</td><td>16</td><td>192</td><td>0.44</td><td rowspan="3">12</td><td>24</td><td>25</td><td>0.31</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>400</td><td>9000</td><td>1.25</td><td></td><td></td><td></td><td>190</td><td>0.53</td><td>36</td><td>22</td><td>6</td><td>0.38</td><td>1—6</td></tr>
<tr><td></td><td>600</td><td>14000</td><td>1.6</td><td></td><td></td><td></td><td>160</td><td>0.53</td><td>24</td><td>23</td><td rowspan="7">4</td><td>0.38</td><td>1—6</td></tr>
<tr><td>TX8A-62</td><td rowspan="2">620</td><td rowspan="2">14000</td><td rowspan="2">1.6</td><td rowspan="2">88</td><td rowspan="2">47</td><td rowspan="2">21</td><td rowspan="2">160</td><td rowspan="2">0.50</td><td rowspan="2">22</td><td rowspan="2">22</td><td rowspan="2">24</td><td rowspan="2">0.35</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>VC6ZO</td></tr>
<tr><td>TX8A-80</td><td>800</td><td>18000</td><td>1.9</td><td>95</td><td>48</td><td>28</td><td>200</td><td>0.60</td><td rowspan="4">12</td><td rowspan="4">24</td><td>18</td><td>0.40</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>800</td><td>18000</td><td>1.9</td><td></td><td></td><td></td><td>136</td><td>0.67</td><td>17</td><td>0.47</td><td>1—6</td></tr>
<tr><td>TX8A-100</td><td rowspan="2">1000</td><td rowspan="2">19000</td><td rowspan="2">2.0</td><td rowspan="2">95</td><td rowspan="2">48</td><td rowspan="2">34</td><td rowspan="2">160</td><td rowspan="2">0.70</td><td rowspan="2">18</td><td rowspan="2">0.50</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>WX-10A</td></tr>
</table>

附表 29 单相串励电钻电动机铁心、绕组数据

型号	电压 /V	定子						电枢						电刷牌号	换向器片数	电刷尺寸 /mm
		外径 /mm	内径 /mm	铁心叠厚/mm	气隙 /mm	线径 /mm	每极匝数	槽数	线径 /mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	绕组型式			
J1Z-6	220	61	35.3	34	0.35	0.31	255	9	0.23	228	38	1—5	叠绕	D374L	27	6×4.3
J1Z-13	36 220	85	46.3	45	0.4	2×0.56 0.50	42 190	9 12	2×0.42 0.38	42 72	7 18	1—5 1—6			27 24	8×6.3
J1Z-19	36 220	102	58.7	46	0.5	3×0.71 2×0.56	25 120	12 15	0.53±0.67 0.47	24 72	6 12	1—6 1—8			24 45	16×5
J1Z-23	220	102	58.7	46	0.5	2×0.56	120	15	0.53	72	12	1—8			45	16×5
回J1Z2-4	220	56	31	38	0.35	0.33	247	9	0.23	216	36	1—5			27	5.6×4
回J1Z2-6	220	56	31	38	0.35	0.33	248	9	0.23	216	36	1—5			27	6.5×4
回J1Z2-10	36 220	62	35	38	0.4	2×0.57 0.42	40 216	9	0.57 0.27	36 192	6 32	1—5			27	6×4.3
回J1Z2-13	36 220	71	39	50	0.45	3×0.56 0.49	36 185	9 11	2×0.47 0.33	30 120	5 20	1—5 1—6			27 33	8×5
回J1Z2-16	36 220	90	51	52	0.6	3×0.72 2×0.49	29 134	11 19	2×0.59 0.49	54 52	9 13	1—6 1—10			33 38	12.5×8
回J1Z2-19	220	90	51	52	0.6	2×0.47	146	19	0.47	56	14	1—10			38	12.5×8
回J1Z2-23	220	90	51	52	0.6	2×0.56	134	19	0.50	52	13	1—10			38	12.5×8

附表30 部分 YFK 系列风扇电动机规格技术参数

型 号	功率/W	电压/V	极数	定子铁心 外径/mm	定子铁心 内径/mm	定子铁心 长度/mm	定子铁心 槽数	定子绕组 主相 匝数/线径/mm	定子绕组 副相 匝数/线径/mm	图 示	电容/μF	适用配套机型
YFK94-25/4	25	220	4	ϕ94	ϕ56	25	24	280+380/0.25	375+515/0.17		1.2	1P
YFK94-35/4	35	220	4	ϕ94	ϕ56	25	24	265+370/0.23	290+395/0.21		2	1.5P
YFK94-25/6	25	220	6	ϕ94	ϕ56	25	24	470/0.23	620/0.19		2	1.5P
YFK94-35/6	35	220	6	ϕ94	ϕ56	35	24	345/0.27	480/0.23	~ 主绕组 C 热保护器125°C 辅绕组	2.5	2P
YFK120-35/6	35	220	6	ϕ120	ϕ77	20	24	400/0.29	535/0.25		3	2P
YFK120-40/6	40	220	6	ϕ120	ϕ77	25	24	310/0.33	320/0.33		5	3P
YFK118-50/6	50	220	6	ϕ118	ϕ77	25	24	390/0.29	450/0.25		3	5P
YFK118-30/8	30	220	8	ϕ118	ϕ77	25	24	310/0.23	105+45+280/0.21		3	2P
YFK118-50/8	50	220	8	ϕ118	ϕ77	32	24	285+45+45/0.31 +0.23+0.23	310/0.23	热保护器125°C ~ 主绕组 C 辅绕组	4	3P
YFK140-90/8	90	220	8	ϕ140	ϕ87	50	36	140/0.41	50+30+165/0.35		5	5P
YFK140-50/8	50	220	8	ϕ140	ϕ87	24	36	270/0.38	65+45+280/0.33		4.5	3P
YFK140-110/8	50	220	8	ϕ140	ϕ87	40	36	170/0.49	35+35+195/0.38		7	5P

附表31 单相冲击电钻性能及电动机铁心、绕组数据

型号	最大孔径/mm		额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	额定转速/(r/min)	冲击次数/(次/min)	工作方式
	钢铁	混凝土						
Z1J-12	8	12		1.6	350	750	11000	
回Z1J-10	6	10		1.2,1.4	250,290	1200	24000,18000	35%
回Z1JC-16	10	16		1.6	320	1500,700	30000,14000	
回Z1JS-16	6,10	12,16	220	1.86	390	700,1930	10500,28450	
回Z1JH-16	13	16		2.1	430(输出)	585	10000	100%
回Z1J-20	13	20		2.7	600	800	8000	

型号	定子						电枢						电刷
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线径/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	规格/mm
回Z1J-10	56	31	38	0.35	0.35	240		0.25	186	31			4×6.5
Z1J-12	62	35	38	0.45	0.35	240	9	0.28	192	32	1—5	27	4.3×6
回Z1J-16	62	34.1	38	0.35	0.42	200		0.29	162	27			4×6.5

附表32 单相电剪刀与电冲剪型号、性能及电动机铁心、绕组数据

类别	型号	最大剪切厚度/mm	额定电压/V	额定电流/W	输入功率/W	刀杆往复次数(次/min)	工作方式
	回J1J-1.5	1.5		1.1	230	3300	
	回J1J-2	2		1.1	230	1200	
电剪刀	回J1J2-2.5	2.5	220	1.57	340	1800	100%
	回J1JP-3	3		2.1	430	700	
	回J1JZ-1.5	1.5		1.2	250	1600	
	回J1JZ-2	2		1.2	250	1200	
	回J1H-1.3	1.3		1.1	230	1260	35%
电冲剪	回J1H-2	2	220	2.4	480	900	25%
	回J1H-3.2	3.2		3.0	650	900	35%
	回J1HP-2.5	2.5		2.1	430	700	100%

型号	定子						电枢						换向器片数	电刷规格/mm
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	线规/mm	绕组型式		
回J1JZ-1.5 回J1JZ-2	56	31	38	0.35	QZ-2型 ϕ0.33	247	9	216	36	1—5	QZ-2型 ϕ0.23	叠绕	27	D308L 6.5×4

附表33　单相电动砂轮机电动机铁心、绕组数据

型号		定子						电枢						电刷
		外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	线规/mm	每槽线数	线圈匝数	线圈节距	换向片数	牌号与规格/mm
角向磨光	回S1MJ-100	56	31	55	0.35	QZ-2 ϕ0.41	175	9	QZ-2 ϕ0.29	150	25	1—5	27	D374L 4×6.5
	回S1MJ-125	71	39	52	0.45	QZ-2 ϕ0.55	138	11	QZ-2 ϕ0.38	102	12	1—6	33	D374L 5×8
	回S1MJ-180 回S1MJ-230	90	51	76	0.60	QZ-2 2×ϕ0.64	80	19	QZ-2 ϕ0.64	32	8	1—10	38	D374L 5.5×16

附表34　单相电动扳手电动机铁心、绕组数据

型号	定子						电枢						电刷	
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	线规/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	牌号	尺寸/mm
回P1B-8	56	31	38	0.4	QZ 0.29	281	9	QZ 0.21	270	45	1—5	27		4×6.3
回P1B-12	56	31	38	0.45	QZ 0.29	317	9	QZ 0.19	318	53	1—5	27		4×6.3
回P1B-16	71	39	44	0.6	QZ 0.41	212	11	QZ 0.29	162	27	1—6	33	DS7	4.5×8
回P1B-20	80	45	42	0.55	QZ 0.55	173	11	QZ 0.38	144	24	1—6	33		4.5×10.5
回P1B-24	80	45	60	0.55	QZ 2×0.44	136	11	QZ 0.47	96	16	1—6	33		4.5×10.5

附表35　单相电动拉铆机型号、性能及电动机铁心、绕组数据

型号	适用铆钉/mm	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	最大拉力/N	重量/kg
回P1M-5	≤5	220	1.39	280	7500	2

型号	定子						电枢						电刷
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	规格/mm
回P1M-5	56	31	38	0.35	0.35	240	9	0.25	186	31	1—5	27	D374L 6.5×4

附表 36　单相石膏电锯的技术性能及电动机铁心、绕组数据

额定			电源频率/Hz	锯片空载往复次数/(次/min)	工作方式
功率/W	电压/V	电流/A			
120	220	0.65	50(或直流)	28000	40%

定子						电枢						电刷	
外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线径/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	线圈节距	换向片数	牌号	规格/mm
61	35.3	34	0.35	0.31	255	9	0.23	228	38	1—5	27	D374L	6×4.3

附表 37　单相电锤性能及电动机铁心、绕组数据

型号	最大混凝土孔径/mm	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	主轴转速/(r/min)	冲击次数/(次/min)	工作方式
回Z1C-16	16	220	2.3	480	560	2950	100%
回Z1C-22	22		2.5	530	370	2850	
回Z1C-26	26		2.5	520	300	2650	
回Z1C-38	38		3.7	800	380	3200	

型号	定子						电枢					电刷	
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线径/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	规格/mm
回Z1C-16	71	40	36	0.45	0.47	180	11	0.35	40	20	1—6	33	8×5
回Z1C-22	71	39	56		0.50	190		0.38	96	24		22	
回Z1C-26	80	45	42		0.57	160		0.41	32	16		33	

附表 38　单相电动湿式磨光机性能及电动机铁心、绕组数据

型号	砂轮尺寸/mm 外径×内径×厚度	电压/V	额定电流/A	输入功率/W	空载转速/(r/min)	额定转矩/(N·cm)	砂轮安全线速/(m/s)	工作方式
回Z1M-80	80×13×54	220	1.75	370	3000	9.5	10	100%
回Z1M-100	100×40×42		2.71	580	2500	2.85		

型号	定子						电枢					电刷	
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线径/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	规格/mm
回Z1M-80	56	31	55	0.35	0.41	175	9	0.29	150	25	1—5	27	4×6.5
回Z1M-100	71	39	52	0.45	0.55	138	11	0.38	102	12	1—6	33	5×8

附表 39　单相插入式混凝土电动振动器性能及电动机铁心、绕组数据

型　号	振动棒直径/mm	额定电压/V	额定电流/A	额定功率/W	空载振频/(次/min)	振幅/mm	工作方式
ZP-25	26				15000	0.5	40%
ZP-35	36	220	4.09	800	14000	0.8	100%
ZP-50	48				13000	1.1	40%

型　号	定　子						电　枢					电　刷	
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线径/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	规格/mm
ZP-25 ZP-35 ZP-50	90	51	52	0.6	2×0.47	146	19	0.47	56	14	1—10	38	12.5×8

附表 40　单相电动型材切割机的型号、性能及电动机铁心、绕组数据

型　号	切割能力/mm				额定电压/V	电流/A	功率/W	砂轮/mm		转速/(r/min)	工作方式
	角钢	槽钢	圆钢	钢管				直径	厚度		
回J1GP-300	80×10		$\phi30$	$\phi90\times6$		7.5	1550	300	3	3760	
回J1GZ-300	80×10		$\phi30$	$\phi90\times6$	220	7.5	1550	300	3	3760	60%
J1G-400	100×10	120×53	$\phi50$	$\phi136\times6$		16.5	2200	400	3	2900	

型　号	定　子						电　枢						换向器片数	电刷规格/mm
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	线规/mm	绕组型式		
回J1GP-300 回J1GZ-300	90	51	72	0.6	QZ-2 型 2×$\phi0.64$	82	19	32	8	1—10	QZ-2 型 $\phi0.64$	单叠	38	D374L 8×12.5
日本2414-355	95	50.5	70		0.89	80	12	54	9	1—6	0.57		36	

附表 41　单相电动曲线锯的型号、性能及电动机铁心、绕组数据

型　号	最大锯割厚度/mm		额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	锯条往复次数/(次/min)	锯条往复行程/mm	工作方式
	钢板	木板						
回J1QZ-3	3	40	220	1.2	250	1600	25	100%

型　号	定　子						电　枢						换向器片数	电刷规格/mm
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	线规/mm	绕组型式		
回J1QZ-3	56	31	38	0.35	QZ-2 型 $\phi0.33$	247	9	216	36	1—5	QZ-2 型 $\phi0.23$	叠绕	27	D308L 6.5×4

附表42 单相电动攻丝机和套丝机的性能及电动机铁心、绕组数据

型号	工作类型	攻丝范围/mm	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/W	顺/逆转速/(r/min)	工作方式	重量/kg
□J1S-8	攻丝	M4～M8	36	6.7	230	270/580		1.8
			220	1.3				
□J1S-12		M6～M12	220	2.71	567	250/560		3.7
□Z1T-50	套丝	1/2″～2″	220	3.18	660	10	40%	

型号	定子						电枢						换向器片数	电刷规格/mm
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	每槽线数	线圈匝数	线规/mm	绕组型式	节距		
□J1S-8	56	31	38	0.35	QZ-2 $\phi0.35$	240	9	186	31	QZ-2 $\phi0.25$	叠绕	1—5	27	D374L 6.5×4
□J1S-12	71	39	52	0.55	QZ-2 $\phi0.55$	138	11	102	17	QZ-2 $\phi0.38$		1—6	33	D374L 8×5

附表43 单相木工电圆锯性能及电动机铁心、绕组数据

型号	锯片尺寸/mm 外径×内径×厚度	最大锯割深度/mm	电压/V	额定电流/A	输入功率/W	额定转速/(r/min)	锯片倾角/(°)	工作方式
□M1YJ-110	110×16×1	20	220	1.75	370	10000	0°—45°	100%
□M1Y-200	200×25×1.4	65		4.85	1000	4400		40%
□M1Y-250	250×25×1.4	85		6	1250	3400		
□M1Y-300	300×25×1.4	105		7	1500	3200		

型号	定子						电枢					电刷	
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线径/mm	每极匝数	槽数	线径/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	规格/mm
□M1Y-200	90	51	54	0.6	2×0.13	119	19	0.55	40	10	1—10	38	D374L 12.5×8
□M1Y-250			64		2×0.59	96		0.59	36	9			
□M1Y-300			72		2×0.64	82		0.64	32	8			

附表 44　单相木工电刨性能及电动机铁心、绕组数据

型　号	刨刀宽/mm	最大刨削深度/mm	额定电压/V	额定电流/A	输入功率/A	刀轴转速/(r/min)	工作方式
回M1B-60/1	60	1		1.95	395	12500	
回M1B-8/1				3.16	640	11000	
回M1B-80/2	80	2	220	3.16	647	10000	断续
回M1B-80/2					800	11000	

型　号	定　子						电　枢						电　刷
	外径/mm	内径/mm	铁心叠厚/mm	气隙/mm	线规/mm	每极匝数	槽数	线规/mm	每槽线数	线圈匝数	绕组节距	换向片数	规格/mm
回M1B-60/1	62	35	42	0.45	QZ-2 φ0.41	210	9	QZ-2 φ0.29	168	28	1—5	27	D374×L 6.5×4
回M1B-80/2	80	45	48	0.50	QZ-2 φ0.59	144	11	QZ-2 φ0.44	102	17	1—6	33	D374L 8×6.3

附表 45　QD 型单相潜水泵电容分相电动机性能及铁心、绕组数据

型　号	功率/W	电压/V	电流/A	功率因数	整机效率(%)	极数	定子铁心/mm			
							外径	内径	叠厚	槽数
QD3-15J QD6-9J QD7.8-6.5J	400	220	3.9	0.74	19.5	2	125	65	60	24

	绕组型式	线圈节距	线圈匝数	线径/mm	每台线重/kg
主绕组	B 型 正弦绕组	1—12,2—11, 3—10,4—9	43,40 35,26	0.80	0.6
副绕组	B 型 正弦绕组	7—18,8—17, 9—16,10—15	60,56 48,36	0.55	0.31

参 考 文 献

[1] 潘品英．新版电动机绕组布线接线彩色图集［M］．3 版．北京：机械工业出版社，2009.

[2] 孙云鹏．单相异步电动机及其应用［M］．北京：机械工业出版社，1987.

[3] 潘品英．家用及中小型电动机重绕修理［M］．2 版．上海：上海交通大学出版社，2001.

[4] 朱建德，潘品英．实践电工手册．北京；机械工业出版社，1998.

[5] 庞素英，杨钰平．家用电器电动机和变压器的结构、原理及维修技术［M］．北京：新时代出版社，1994.

[6] 潘品英．中小型电机绕组修理［M］．北京：机械工业出版社，1997.

[7] 沈勇，严云忠．电冰箱原理与维修技术［M］．北京：新时代出版社，1988.

[8] 胡俊达，等．常用电动工具维修［M］．长沙：湖南科学技术出版社，2000.

[9] 汪镇国．单相串激电动机的原理设计制造［M］．上海：上海科学技术文献出版社，1991.

[10] 于春汉．手电钻的使用与修理［M］．北京：水利电力出版社，1984.

[11] 潘品英．单相及民用电机修理［M］．北京：中国水利水电出版社，2002.

[12] 洛普欣娜，等．单相及三相微型感应电动机计算［M］．上海：上海科学技术出版社，1963.

[13] 张彦伦．电机铁心绕组数据手册［M］．郑州：河南科学技术出版社，1997.

[14] 周德林，张庆双，等．全自动洗衣机故障检修技术［M］．北京：金盾出版社，2006.

[15] 金续曾，陆魁玉．单相电动机绕组修理与接线图集［M］．北京：北京科学技术出版社，1999.

[16] 上海市电子电器技术协会．家用电器的使用与修理［M］．上海：上海科学技术出版社，1987.

电动机修理技术丛书

- ◇ 低压三相异步电动机修理
- ◇ 三相高压交流电动机修理
- ◇ 直流电动机修理
- ◇ 常见特种用途三相异步电动机修理
- ◇ 电动机改装挖潜修理
- ◆ 单相电动机修理
- ◇ 起重及冶金用三相异步电动机修理
- ◇ 防爆防腐电动机修理
- ◇ 潜水电泵与泵用电动机修理
- ◇ 电机修理试验与性能分析

DANXIANG DIANDONGJI XIULI

策划编辑：李振标
封面设计：王伟光

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者服务部：(010)68993821

邮政编码：100037
网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-30438-8
定价：40.00元

